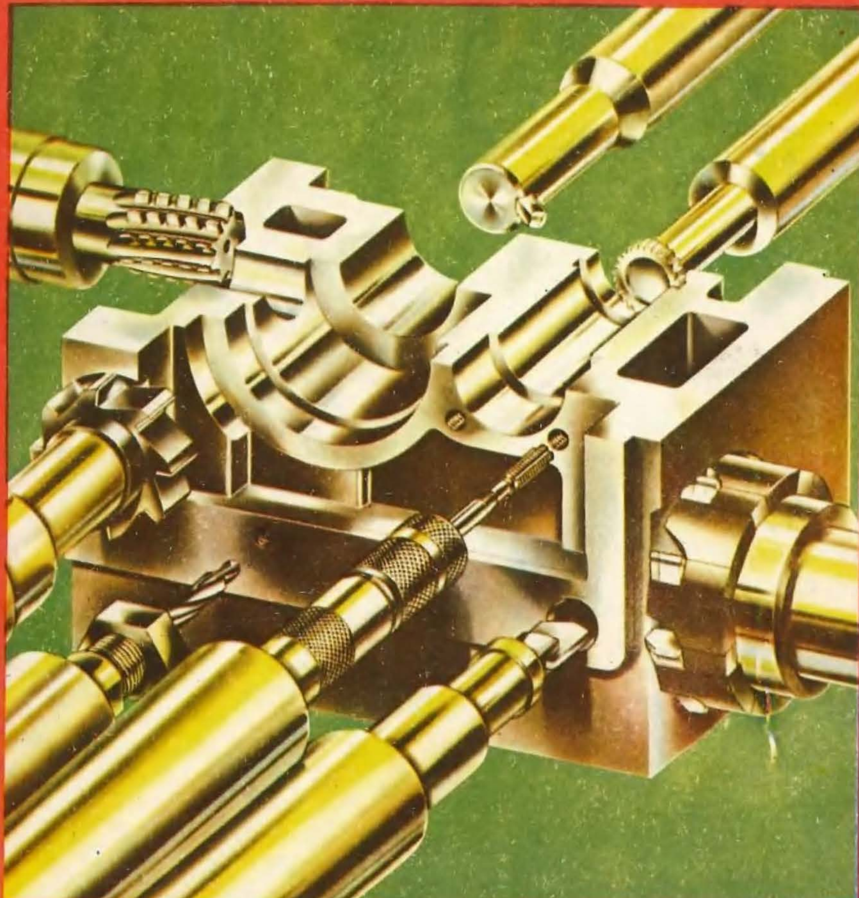
MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI



UTILAJUL ȘI TEHNOLOGIA PRELUCRĂRILOR PRIN AȘCHIERE

MANUAL PENTRU CLASA A XII-A, LICEE INDUSTRIALE
CU PROFIL DE MECANICĂ ȘI ȘCOLI PROFESIONALE

MINISTERUL EDUCAŢIEI ŞI ÎNVĂŢĂMÎNTULUI

Ing. M. VOICU   Ing. P. SZEL   Ing. prof. R. GHILEZAN

UTILAJUL ŞI TEHNOLOGIA PRELUCRĂRILOR PRIN AŞCHIERE

MANUAL PENTRU CLASA a XII-a LICEE INDUSTRIALE
CU PROFIL DE MECANICĂ, MESERIA PRELUCRĂTOR PRIN AŞCHIERE,
ŞI ŞCOLI PROFESIONALE

EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ, BUCUREŞTI

Manualul constituie reeditarea ediției 1980, elaborată pe baza programei școlare aprobate de Ministerul Educației și Învățămîntului cu nr. 3448/1979.

Textul însemnat cu linie verticală pe margine nu se adresează elevilor școlilor profesionale.

Contribuția autorilor la elaborarea manualului:
ing. **M. Voicu**: cap. 1 și 3
ing. **P. Szel**: cap. 4 și 5
ing. **R. Ghilezan**: cap. 2 și 6
Coordonarea lucrării: ing. **M. Voicu**

Referenți:
dr. ing. **D. CATRINA**
ing. **V. MARINESCU**, prof. gr. II

ISBN 973—30—0309—3

Redactor: ing. **IRINA TRIF**
Tehnoredactor: **OTTO PARASCHIV NECȘOIU**
Grafician: **RODICA IUFU**

1. PRELUCRAREA CANALELOR ȘI A SUPRAFEȚELOR PROFILATE

1.1. PRELUCRAREA CANALELOR

1.1.1. Tipuri de canale

Canalele sînt detalii constructive reprezentînd adîncituri pe suprafețele pieselor, cu traseu rectiliniu, mai rar, curbilinu. Ele pot fi folosite în următoarele scopuri :

— pentru sprijinirea unor organe de ansamblare (de exemplu, canalele de pană și canalele T) ;

— pentru ghidarea unor piese mobile (de exemplu, canalele în coadă de rîndunică) ;

— pentru așezarea pieselor în vederea prelucrării (de exemplu, canalele unghiulare ale prismelor) ;

— pentru formarea suprafețelor și muchiilor tăietoare ale sculelor așchietoare (de exemplu, canalele frezelor) ;

— pentru scurgerea fluidelor (de exemplu, canalele pentru scurgerea lichidelor de ungere-răcire sau canalele de ungere) etc.

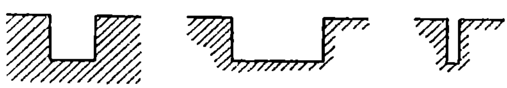
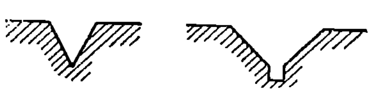
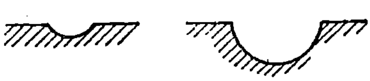
Principalele caracteristici ale unui canal, necesare prelucrării sale, sînt :

— forma și dimensiunile secțiunii transversale ;
— lungimea și traseul canalului (rectiliniu sau curbiliniu).

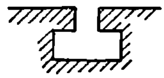
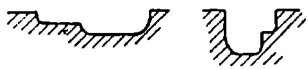
Configurația secțiunii transversale a unui canal (tab. 1.1) constituie caracteristica cea mai importantă, care determină tipul sculelor așchietoare necesare prelucrării.

Tabelul 1.1

Tipuri de canale și procedeele posibile de prelucrare prin așchiere

Canalul		Procedeul prin care se poate prelucra				
Denumire	Secțiunea transversală	Frezare	Rabotare	Mortezare	Broșare	Rectificare
1	2	3	4	5	6	7
Rectangular		×	×	×	×	×
Unghiular		×	×			×
Rotund		×	×			×

Tabelul 1.1 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
Coadă de rîndunică		×	×			
T		×	×			
Oarecare		×	×			

1.1.2. Procedee de prelucrare a canalelor

Principalele procedee de prelucrare prin așchiere a canalelor sînt indicate în tabelul 1.1. Singurul procedeu de prelucrare care permite obținerea oricărui tip de canal este frezarea.

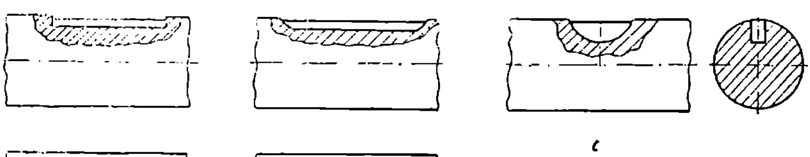
În general, aplicarea unui anumit procedeu este condiționată nu numai de forma secțiunii transversale a canalului, ci și de traseul său și de felul suprafeței pe care este amplasată (suprafața exterioară sau interioară).

În continuare vor fi descrise principalele tehnologii de prelucrare a celor mai uzuale canale.

1.1.3. Prelucrarea canalelor de pană

Canalele de pană sînt cele mai răspîndite. Ele pot fi amplasate pe o suprafață exterioară (pe un arbore, fig. 1.1) sau pe o suprafață interioară (pe un alezaj, fig. 1.2).

a. **Prelucrarea canalelor de pană ale arborilor.** Canalele arborilor pot fi prelucrate prin frezare pe mașini de frezat orizontale sau verticale.



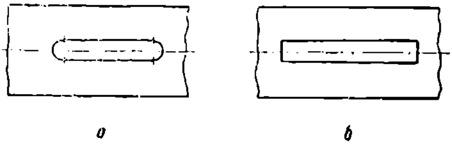


Fig. 1.1. Canale de pană amplasate pe arbori :

a și *b* — pentru pene longitudinale ; *c* — pentru pană-disc.

Canalele de pană deschise (v. fig. 1.1, *b*) se prelucrează cu ajutorul frezelor-disc pe mașini de frezat orizontale (fig. 1.3). Principala problemă care trebuie rezolvată la acest mod de prelucrare o constituie amplasarea corectă a canalului de pană pe circumferința secțiunii arborelui.

Canalul de pană trebuie să fie paralel cu axa arborelui și simetric în secțiune față de axa verticală. Freza *1* se așază în planul median al arbo-

relui 2 (fig. 1.4) cu ajutorul unui echer 3, după care se măsoară cu şublerul distanţa A, care trebuie să aibă valoarea

$$\boxed{A = T + \frac{D}{2} + \frac{B}{2}}, \quad (1.1)$$

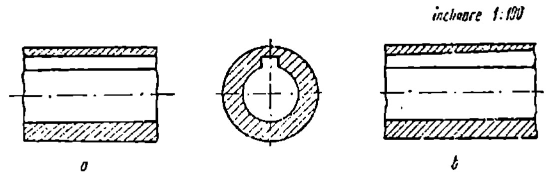


Fig. 1.2. Canale de pană amplasate pe alezaje : a — drepte ; b — înclinate.

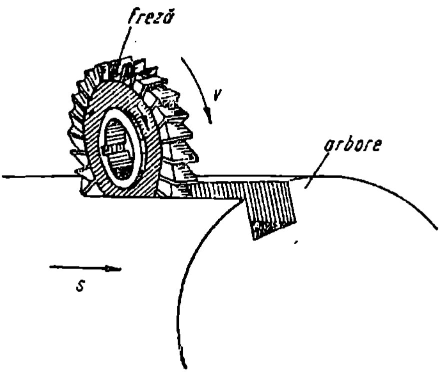


Fig. 1.3. Frezarea canalelor de pană deschise.

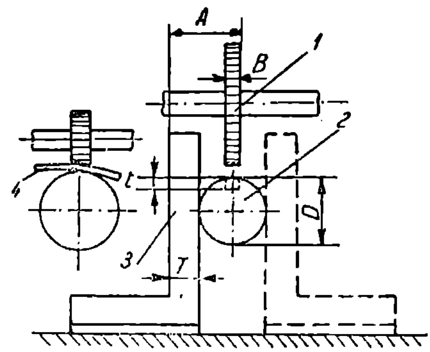


Fig. 1.4. Reglarea poziţiei frezei-disc.

în care :

T este lăţimea echerului ;
D — diametrul arborelui ;
B — lăţimea frezei.

Lăţimea frezei B trebuie să fie egală cu lăţimea canalului de pană. Pentru stabilirea adîncimii de frezare, se ridică masa pînă cînd freza atinge arborele pe generatoare, după care vernierul manetei pentru ridicarea consolei se aşază pe poziţia zero. După ce piesa se îndepărtează longitudinal de sub freză, se ridică masa cu valoarea adîncimii t, citită pe discul gradat al manetei consolei. Apoi consola se blochează.

Tangenţa frezei cu arborele este foarte greu de observat şi, de aceea, în practică se foloseşte o foiţă de hîrtie 4, care se aşază între ele.

Canalele de pană închise, cu capetele semirotunde, se prelucrează pe maşinile de frezat verticale, folosindu-se freze cilindro-frontale cu coadă (freze-deget).

Freza-deget pentru prelucrarea canalelor de pană trebuie să aibă diametrul egal cu lăţimea canalului de pană.

Pentru centrare, freza se apropie lateral de arbore pînă cînd îl atinge ; în continuare, se coboară piesa şi se deplasează lateral, spre freză, cu valoarea (fig. 1.5) :

$$\boxed{A = \frac{b}{2} + \frac{D}{2}}, \quad (1.2)$$

în care :

D este diametrul arborelui (piesei) ;

d — diametrul frezei-deget.

Canalul de pană poate fi prelucrat din mai multe treceri sau dintr-o singură trecere cu un avans longitudinal mic. Ultimul procedeu se întrebuințează pentru prelucrarea canalelor cu freze-deget robuste, cu diametrul de la 10 mm în sus.

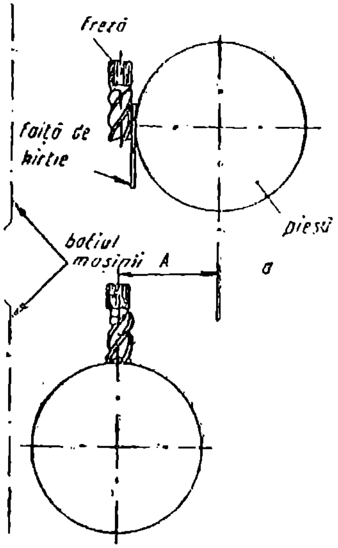


Fig. 1.5. Reglarea frezei-deget în vederea prelucrării canalului de pană : a — înainte de deplasare ; b — după deplasare.

Canalele pentru penele disc se prelucrează cu ajutorul unor freze cu coadă, folosite și la prelucrarea canalelor T (fig. 1.6). Din această cauză, freza respectivă poartă denumirea de *freză cu coadă conică, pentru canale T*. Frezarea se face cu avans vertical, pînă în momentul în care se atinge adîncimea prescrisă a canalului.

Indiferent de tipul canalului prelucrat, arborele se așază pe prisme și se imobilizează cu ajutorul unor forțe de strîngere.

Așezarea arborilor pe prisme introduce însă întotdeauna erori de bazare, care trebuie luate în considerație la stabilirea preciziei prelucrării (v. manualul pentru clasa a XI-a).

b. **Prelucrarea canalelor de pană ale alezajelor.** Din cauza accesibilității dificile a canalelor de pană ale alezajelor nu se pot folosi pentru prelucrare decît două procedee : mortezarea și broșarea.

1) *Mortezarea canalelor de pană ale alezajelor.* Această prelucrare este cea mai frecventă operație executată pe mașinile de mortezat.

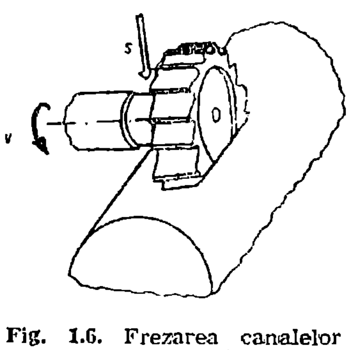


Fig. 1.6. Frezarea canalelor pentru pene-disc.

Prelucrarea se execută după trasaj sau după un șablon, amplasat într-un dispozitiv, special construit după configurația piesei. Se pot prelucra deopotrivă canale de pană drepte (paralele cu axa alezajului) sau înclinate. În acest din urmă caz, se procedează întocmai ca la prelucrarea suprafețelor plane înclinate.

La prelucrarea canalelor de pană se va asigura o așezare cît mai precisă a piesei, astfel încît axa alezajului să fie paralelă cu traiectoria cuțitului. Paralelismul se poate controla cu ajutorul unui ceas comparator prins într-un suport montat în locul cuțitului. Dacă se constată lipsa acestui paralelism, se poate acționa fie asupra piesei, refăcîndu-i așezarea, fie asupra berbecului, înclinîndu-l ușor pînă la obținerea paralelismului.

De asemenea, se va asigura spațiul necesar ieșirii cuțitului. Acest lucru se poate obține cel mai ușor așezînd piesa pe un adaos (fig. 1.7).

În cazul prelucrării canalelor de pană înfundate, este necesar să se prevadă în piesă un canal circular pentru scăparea cuțitului (fig. 1.8). Dacă se constată lipsa unui asemenea canal, nu se va încerca prelucrarea canalului de pană, deoarece ruperea cuțitului este inevitabilă; se va proceda la strunjirea unui canal pentru scăparea cuțitului.

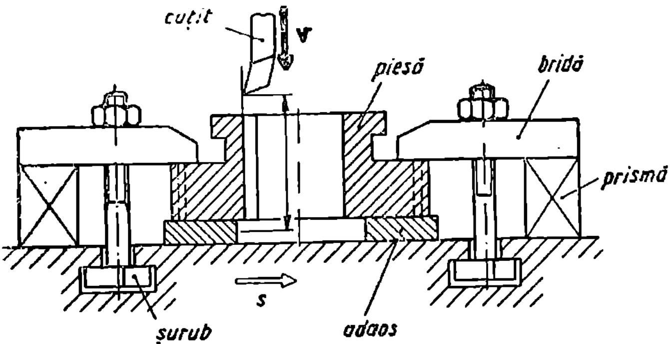


Fig. 1.7. Mortezarea unui canal de pană al unei roți dințate.

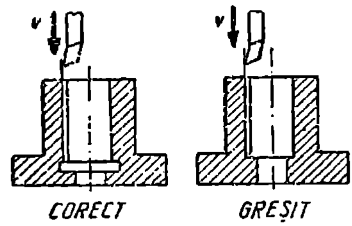


Fig. 1.8. Schema mortezării canalelor de pană înfundate.

În cazul în care este necesar să se prelucreze două canale de pană sau caneluri în alezaj, poziția corectă a acestor canale se poate asigura folosindu-se o masă rotativă cu cap divizor.

2) *Broșarea canalelor de pană ale alezajelor.* Acesta este cel mai productiv procedeu de prelucrare a canalelor de pană, fapt pentru care se aplică frecvent la producția în serie sau în masă.
Scula folosită este o broșă pentru canalele de pană (fig. 1.9) avînd dinți pe o singură parte; lățimea broșei trebuie să fie egală cu lățimea canalului de pană prelucrat.

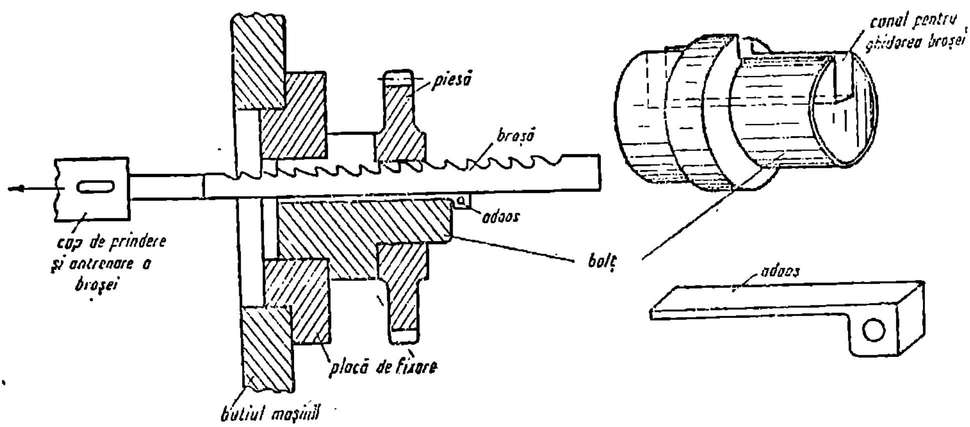


Fig. 1.9. Broșarea canalelor de pană.

Pentru prelucrare se folosește un dispozitiv care asigură atît așezarea corectă a piesei cît și ghidarea broșei. Cea mai importantă piesă a dispozitivului o constituie un suport prevăzut cu un bolț, avînd diametrul egal cu cel al alezajului piesei și lungimea mai mare decît lungimea canalului

de pană prelucrat, astfel încît să asigure o bună ghidare a broșei prin canalul longitudinal al bolțului.

În cazul în care canalul nu poate fi prelucrat dintr-o singură trecere pe întreaga sa adîncime, se execută mai multe treceri folosindu-se aceeași broșă, dar reglînd-o în înălțime, prin introducerea unor adaosuri sau pene înclinate între broșă și fundul canalului din bolț.

1.1.4. Prelucrarea canalelor unghiulare

Canalele unghiulare nu ridică probleme deosebite la prelucrare. Principalele procedee de prelucrare prin așchiere care se pot utiliza sînt frezarea și rabotarea.

Frezarea canalelor unghiulare necesită o freză cu un profil corespunzător celui al canalului prelucrat (fig. 1.10). În cazul în care canalul prelucrat are dimensiuni mari este necesar să se execute în prealabil o degroșare, folosindu-se o freză mai simplă, deci mai ieftină.

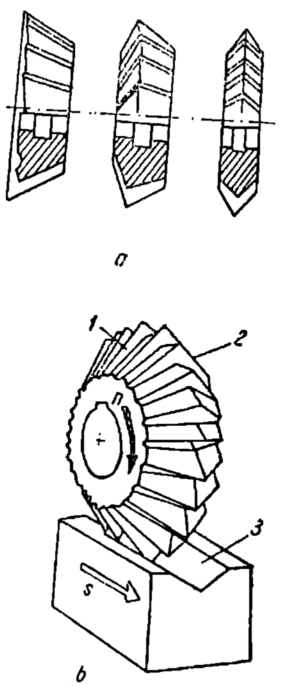


Fig. 1.10. Freze pentru frezarea canalelor unghiulare.

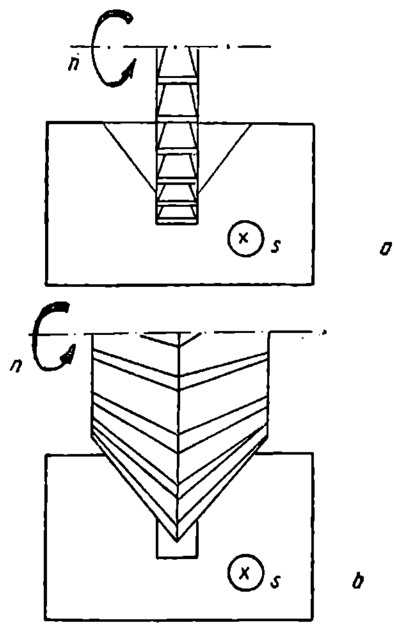


Fig. 1.11. Schema operațiilor necesare prelucrării canalului unghiular al unei prisme.

Exemplu. Pentru prelucrarea canalului unei prisme (fig. 1.11, *a*) sînt necesare următoarele operații :

1 — trasarea canalului pe partea frontală a semifabricatului (această operație lipsește în cazul utilizării unui dispozitiv, în cadrul unei producții în serie) ;

2 — frezarea degajării canalului. Scula folosită este o freză-disc sau o freză pentru crestat, avînd lățimea egală cu cea a degajării (fig. 1.11, *a*) ;

3 — frezarea din mai multe treceri a canalului unghiular folosindu-se o freză biconică (fig. 1.11, *b*).

În cazul în care canalul are dimensiuni mari, între operațiile a 2-a și a 3-a se poate executa o frezare cu o freză-disc sau cilindro-frontală în scopul îndepărtării unei părți a adaosului de prelucrare.

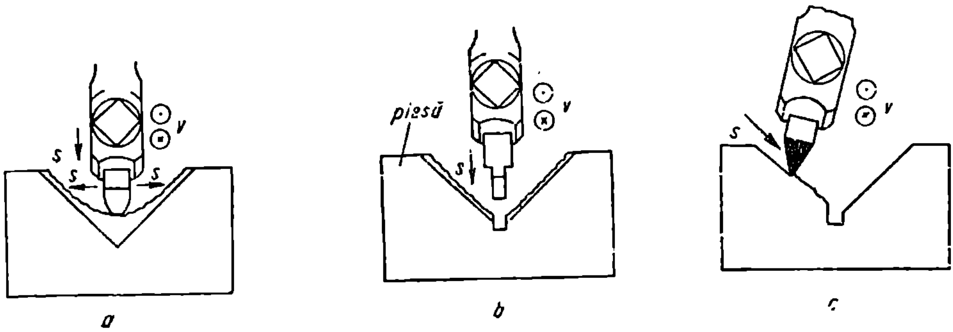


Fig. 1.12. Rabotarea canalului unghiular al unei prisme.

Rabotarea canalelor unghiulare decurge în mod similar frezării. De exemplu, pentru prelucrarea aceleiași piese se folosesc următoarele operații :

1 — degroșarea (fig. 1.12, *a*), astfel încît pe suprafețele canalului să rămînă numai adaosul de prelucrare necesar finisării ;

2 — rabotarea canalului de degajare (fig. 1.12, *b*), folosindu-se o sculă cu profil corespunzător, care lucrează cu avans vertical ;

3 — finisarea canalului unghiular (fig. 1.12, c).

Cu excepția cuțitului pentru prelucrarea degajării, celelalte scule sînt cuțite obișnuite, folosite pentru degroșare sau finisare. Regimurile de așchiere corespund celor folosite la rabotarea suprafețelor plane.

Pentru obținerea unor suprafețe netede ale canalelor unghiulare (prismele de exemplu fiind piese cu precizie mare) se poate utiliza rectificarea. Schemele tehnologice și regimul de așchiere sînt cele indicate la prelucrarea suprafețelor plane.

1.1.5. **Prelucrarea canalelor în coadă de rîndunică**

Canalele în coadă de rîndunică se pot prelucra prin frezare sau prin rabotare. Indiferent de procedeul aplicat, pentru prelucrarea unui asemenea canal sînt necesare două etape :

1 — prelucrarea părții de mijloc a canalului ;

2 — prelucrarea părților laterale ale canalului.

Această succesiune de etape este necesară pentru a se asigura accesul sculelor ce prelucrează părțile laterale ale canalului.

Exemple. Pentru prelucrarea canalului în coadă de rîndunică din figura 1.13 se poate utiliza rabotarea sau frezarea. Rabotarea necesită pentru etapa a 2-a două operații și două cuțite diferite — pe dreapta, respectiv pe stînga — în timp ce la aceeași etapă, pentru frezare este necesară o singură operație și o singură sculă. De aici, rezultă că frezarea este mai productivă decît rabotarea.

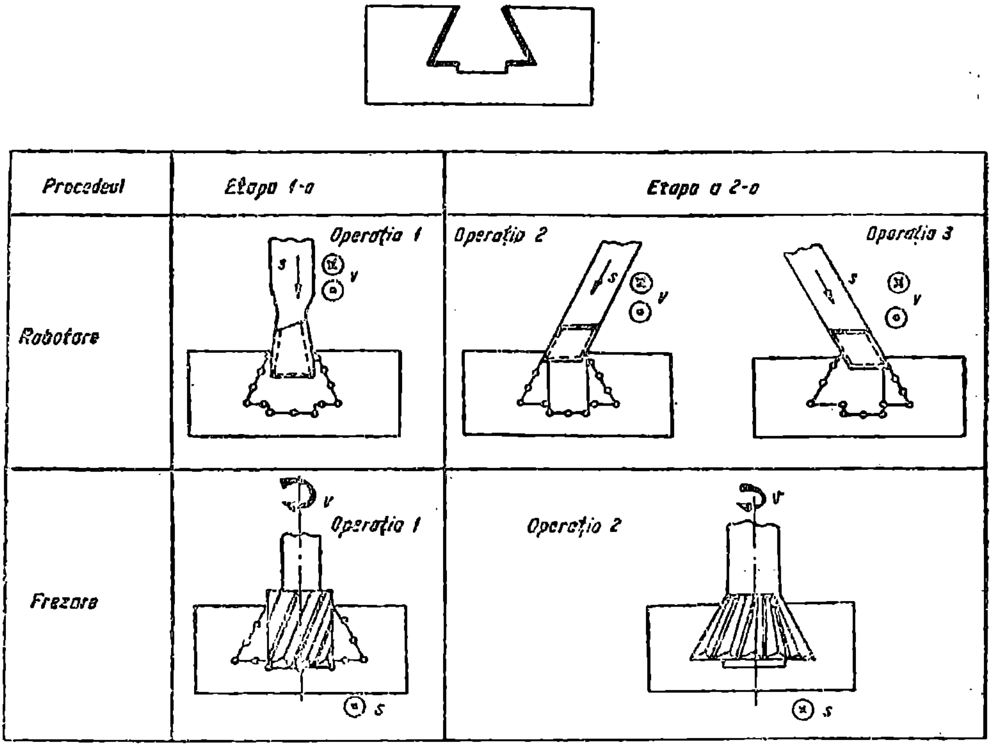


Fig. 1.13. Prelucrarea canalelor în coadă de rîndunică.

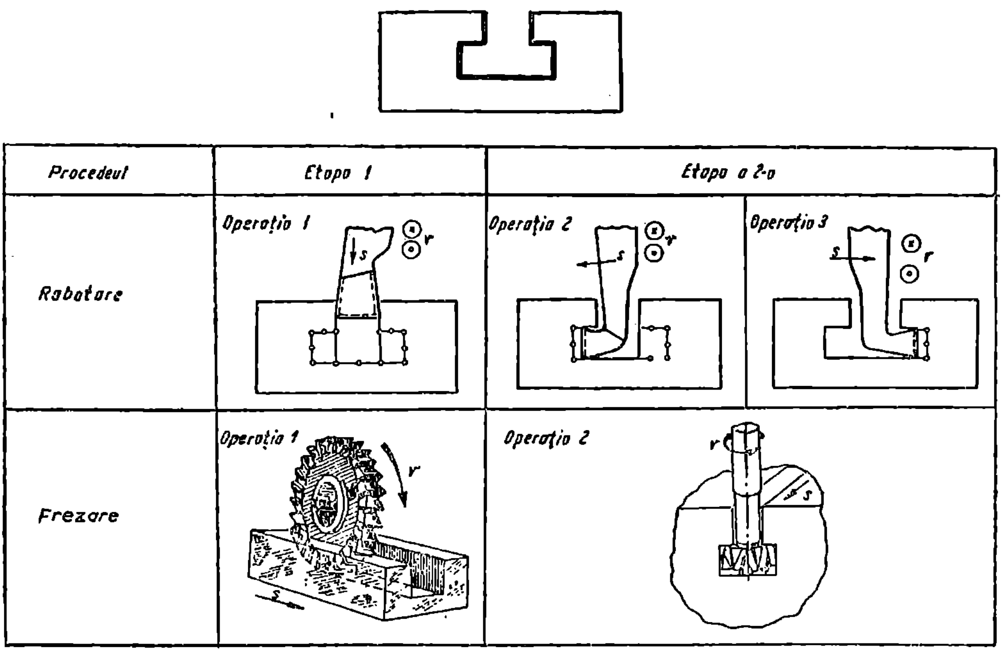


Fig. 1.14. Prelucrarea canalelor T.

1.1.6. Prelucrarea canalelor T

Canalele T se prelucrează prin frezare sau prin rabotare în mod similar canalelor în coadă de rîndunică : cele două etape întîlnite anterior sînt necesare și în acest caz (fig. 1.14).

Rabotarea canalelor T necesită trei tipuri de cuțite : unul obișnuit, pentru executarea primei operații, și două cuțite încovoiate pe dreapta, respectiv pe stînga, pentru operațiile a 2-a, respectiv a 3-a.

Pentru frezarea canalelor T se poate folosi o mașină de frezat verticală sau o mașină de frezat universală prevăzută cu cap de frezat vertical.

Prima operație, de prelucrare a unui canal cu secțiune dreptunghiulară, poate fi realizată fie cu o freză-disc, ca în figură, fie cu o freză-deget. Freza folosită pentru finisare poartă denumirea de *freză cu coadă pentru canale T*.

Regimurile de așchiere folosite la operațiile din etapa a 2-a, atît la rabotare cît și la frezare, se caracterizează prin valori mai mici ale vitezei de așchiere ale avansului din cauza condițiilor mai grele de lucru și a rigidității scăzute a sculelor.

1.1.7. Prelucrarea altor tipuri de canale

Prelucrarea altor tipuri de canale în afara celor descrise anterior (cu profil rotund sau oarecare) nu ridică probleme deosebite. Procedeele de prelucrare care se pot utiliza, în condiții economice, sînt aceleași : rabotarea și frezarea.

Ca regulă generală, pentru obținerea profilului canalului este necesar ca finisarea să se facă cu o sculă profilată în mod corespunzător. Această sculă poate fi un cuțit profilat (pentru rabotare) sau o freză profilată (deget sau disc).

1.1.8. Controlul canalelor prelucrate

În general, controlul unui canal presupune :

— verificarea profilului canalului ;

— determinarea dimensiunilor canalului ;

— verificarea poziției reciproce a canalului în raport cu suprafețele sau axele piesei.

Canalele de pană se controlează în ceea ce privește dimensiunile canalului (lățime și adîncime) și paralelismul său cu axa arborelui.

Lățimea canalului se poate controla cu șublerul sau cu ajutorul unei cale plan-paralele (fig. 1.15, *a*). Adîncimea canalului de pană deschis se măsoară cu șublerul (dimensiunea *H*), iar a celui închis, cu șublerul de adîncime (fig. 1.15, *b*).

Paralelismul canalului cu axa arborelui se verifică cu un ceas comparator cu suport și o cală, în felul următor (fig. 1.15, *c*) : arborele supus verificării se așază pe două prisme, iar în canalul de pană se introduce o cală plan-paralelă, calibrată în mod corespunzător. Se palpează suprafața *1*, deplasînd ceasul comparator în lungul calei și se urmăresc indi-

cațiile acului care arată abaterea de la paralelism. Se rotește arborele în jurul axei sale cu 180° și se repetă verificarea, de astă dată pe suprafața opusă 2, a penei calibrate.

Profilul canalelor se controlează cu ajutorul calibrelor (șabloanelor), avînd forma conjugată conturului secțiunii transversale a canalului.

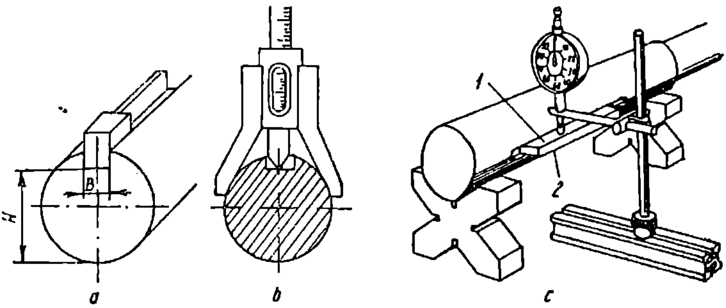
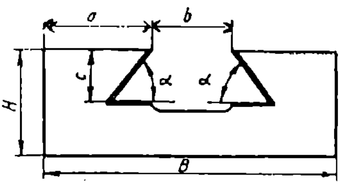


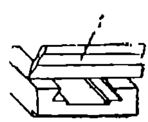
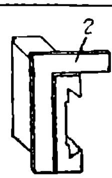
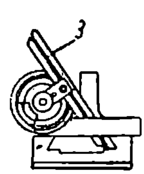
Fig. 1.15. Controlul canalelor de pană.

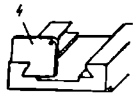
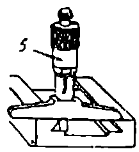
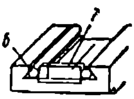
Exemplu. În tabelul 1.2 sînt indicate principalele operații de control ale unei sănii aparținînd unei mașini-unelte. Suprafețele saniei au fost prelucrate prin frezare sau prin rabotare.

Tabelul 1.2

Principalele operații de control ale saniei unei mașini-unelte



Operații de control	Desenul	Instrumentul folosit
Controlul dimensiunilor *a*, *b*, *H*, *B*	—	Șubler
Controlul planității		Riglă de control *1*
Controlul perpendicularității		Echer *2*
Controlul ughiului α al canalului în coadă de rîndunică		Raportor universal *3*

Operația de control	Desenul	Instrumentul folosit
Controlul profilului canalului și al unghiului		Șablon 4
Măsurarea adîncimii canalului, *c*		Micrometru de adîncime 5
Controlul paralelismului suprafețelor de ghidare		Dornuri de control 6, cale plan-paralel 7

1.2. PRELUCRAREA SUPRAFEȚELOR PROFILATE

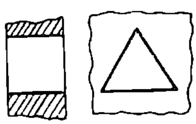
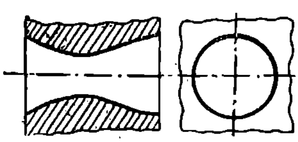
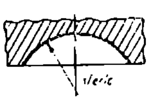
1.2.1. Suprafețe profilate

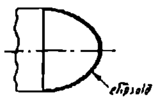
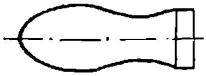
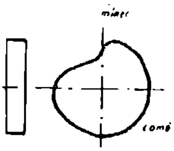
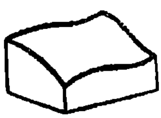
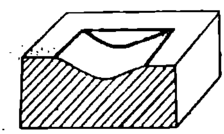
În categoria suprafețelor profilate intră o gamă largă de suprafețe, întîlnite în mod deosebit la piesele relativ complicate.

Datorită diversității mari a suprafețelor prelucrate, clasificarea lor este destul de dificilă. Totuși, luînd în considerație unele caracteristici geometrice, poziția acestor suprafețe și alte criterii se poate face o clasificare de tipul celei din tabelul 1.3.

Tabelul 1.3

Suprafețe profilate

Desenul	Amplasare		Suprafață		Cu porțiuni		Suprafață	
	În interior	la exterior	de rotație	oarecare	plane	curbe	algebrică	cotată
	×			×	×			×
	×		×			×		×
	×		×			×	×	

Desenul	Amplasare		Suprafață		Cu porțiuni		Suprafață	
	la interior	la exterior	de rotație	oarecare	plane	curbe	algebrică	cotată
		×	×			×	×	
		×	×			×		×
		×		×		×		×
		×		×		×		×
	×			×	×	×		×

Unele dintre aceste suprafețe pot fi exprimate prin ecuații matematice, astfel încît forma și poziția lor în spațiu sînt strict determinate. Aceste suprafețe se numesc *algebrice*. De exemplu, sfera, elipsoidul, hiperboloidul cu două pînze etc. sînt suprafețe profilate algebrice, dar și alte suprafețe, mai simple, sînt tot algebrice, cum sînt suprafețele cilindrice sau conice.

O categorie de suprafețe profilate, opusă celei a suprafețelor algebrice, o constituie *suprafețele cotate*. Fiecare porțiune, iar uneori fiecare punct al unei asemenea suprafețe se pot determina pe baza unei construcții grafice, utilizîndu-se coordonate în sistem cartezian sau polar.

În foarte multe cazuri, suprafețele profilate sînt suprafețe compuse, alcătuite din porțiuni diferite (plane-curbe, algebrice-cotate etc.).

Observație. Suprafețele elicoidale precum și suprafețele dinților roților dințate sînt tot suprafețe profilate. Parametrii geometrici ai acestor suprafețe și tehnologia lor de prelucrare sînt tratate în capitolele 2 și 4.

1.2.2. Posibilitățile de prelucrare a suprafețelor profilate

Obținerea suprafețelor profilate prin așchiere pe mașini-unelte este posibilă în mai multe moduri :

— cu scule profilate ;
— prin copiere ;
— cu lanțuri cinematice de profilare.

Alegerea uneia dintre aceste soluții și, concomitent, stabilirea procedeului de prelucrare prin așchiere, depind de forma și dimensiunile suprafeței profilate, respectiv ale întregii piese căreia îi aparține această suprafață.

Dintre procedeele de prelucrare prin așchiere a suprafețelor profilate, cea mai largă aplicare o are frezarea și, în mai mică măsură, strunjirea, rectificarea și broșarea.

1.2.3. Prelucrarea suprafețelor profilate cu scule profilate

In principiu, această metodă constă în reproducerea pe piesa prelucrată a profilului muchiei tăietoare a unei scule așchietoare.

Utilizînd această metodă, prelucrarea se poate face prin mai multe procedee, dintre care mai răspîndite sînt : strunjirea, frezarea, broșarea și rectificarea.

a. **Strunjirea cu cuțite profilate.** Procedeul se aplică la prelucrarea suprafețelor profilate care sînt în același timp și suprafețe de rotație.

Cuțitele profilate sînt caracterizate prin aceea că muchia lor tăietoare are profilul identic cu al suprafeței care urmează a se prelucra.

Cuțitele profilate pot fi : prismatice sau disc.

Cuțitul prismatic poartă această denumire datorită formei prismatice a corpului. Cuțitul poate lucra cu avans radial sau cu avans tangențial.

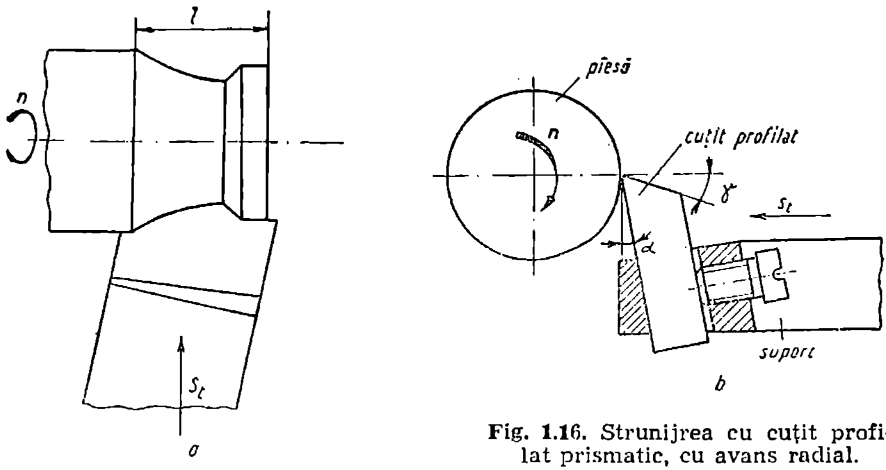
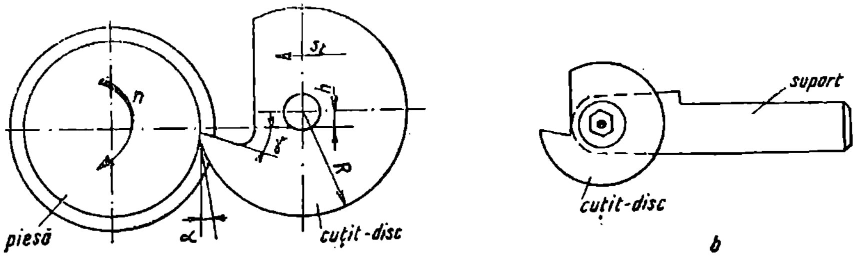


Fig. 1.16. Strunjirea cu cuțit profilat prismatic, cu avans radial.

Folosirea cuțitului cu avans radial (fig. 1.16, *a*) este limitată de vibrațiile care apar atunci cînd lungimea tăișului este prea mare ; de aceea lungimea *l* a suprafețelor profilate, prelucrate cu avans radial, nu poate depăși circa 25—30 mm. Pentru suprafețele cu lungime mai mare se poate așeza cuțitul tangențial (fig. 1.16, *b*), cu condiția ca rigiditatea piesei și a suportului de prindere a cuțitului să fie suficient de mari.

Cuțitul profilat cu avans tangențial este mai complicat decît cel cu avans radial și, în consecință, mai puțin folosit.

Cuțitul-disc profilat prezintă marele avantaj că permite un număr mare de ascuțiri, efectuate pe fața de degajare. Cuțitul se obține prin tă-



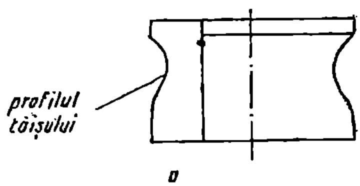


Fig. 1.17. Strunjirea cu cuțit-disc profilat:
a — poziționarea față de piesă ; *b* — fixarea în suport.

ierea unui disc ce are suprafața laterală profilată (generatoarea discului este identică cu profilul care se prelucrează).

Pentru a se obține un unghi de așezare $\alpha \neq 0$ este necesar ca axa cuțitului să se găsească deasupra axei piesei prelucrate cu o anumită distanță h, dată de relația :

$$\boxed{h = R \sin \alpha} \tag{1.3}$$

Exemplu. Pentru prelucrarea unui cap sferic la o piesă se poate proceda astfel :

1. Se degroșează semifabricatul, folosindu-se un cuțit bilateral (fig. 1.18, *a*), profilat după degajarea piesei (zona de trecere de la porțiunea cilindrică la cea sferică).

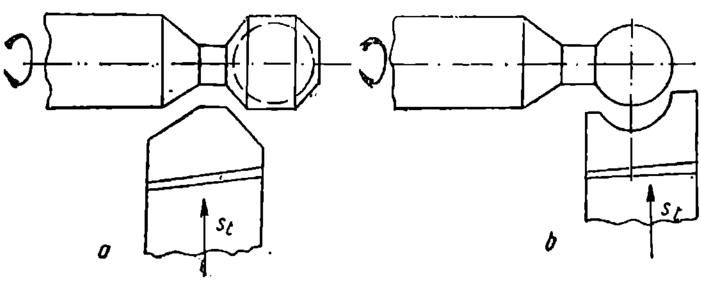


Fig. 1.18. Strunjirea unei porțiuni sferice cu diametrul mic.

2. Se finisează capătul sferic, folosindu-se un cuțit profilat (fig. 1.18, *b*).

Metoda prezentată poate fi utilizată în cazul în care diametrul sferei nu depășește 25—30 mm.

b. Frezarea cu freze profilate. Frezarea este procedeul care oferă cele mai mari posibilități de prelucrare a suprafețelor profilate.

Frezele profilate au muchiile tăietoare cu acelaşi profil ca şi suprafeţele prelucrate (fig. 1.19, *a*). Ele au dinţi detalonaţi (v. pct. 1.1.4), astfel încît după ascuţire (care se face întotdeauna pe suprafaţa de degajare) să-şi păstreze profilul muchiei tăietoare.

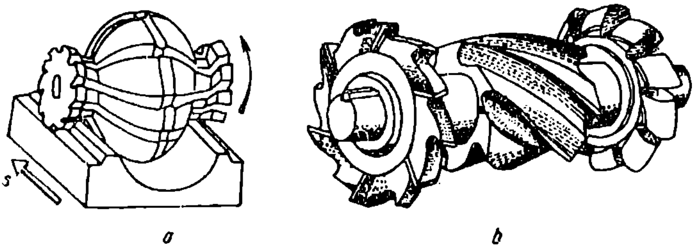


Fig. 1.19. Frezarea cu freze profilate :
a — cu freză monobloc ; *b* — cu bloc de freze.

În majoritatea cazurilor, prelucrarea se execută pe maşini de frezat orizontale respectiv universale.

Pentru a nu solicita prea mult frezele profilate — care sînt scule scumpe — se execută în primul rînd o degroşare, cu scule obişnuite, rămînînd ca numai finisarea să se efectueze cu freze profilate, în mod asemănător situaţiei din exemplul anterior.

În cazul în care profilul piesei este complicat, pentru a se evita confecţionarea unei scule exagerat de scumpe, se foloseşte un bloc de freze, alcătuit din mai multe freze simple (disc, cilindrice profilate), montate pe acelaşi dorn (fig. 1.19, *b*).

In general, regimul de aşchiere utilizat la prelucrarea cu freze profilate trebuie ales mai mic în comparaţie cu cel folosit la prelucrarea cu freze obişnuite, din cauza adîncimii de aşchiere variabile şi a diametrului diferit al diverselor porţiuni ale frezei.

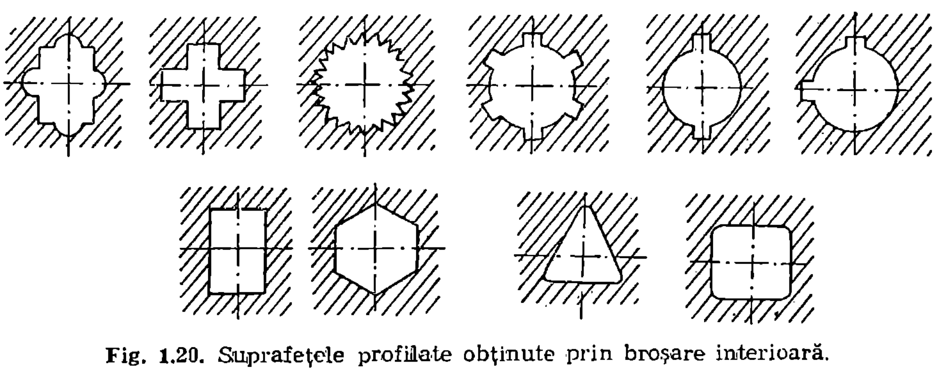


Fig. 1.20. Suprafeţele profilate obţinute prin broşare interioară.

c. **Broşarea suprafeţelor profilate.** Prin broşare se pot obţine atît suprafeţe profilate interioare cît şi exterioare.

Broşarea interioară necesită existenţa unei găuri în piesa prelucrată, prin care să se introducă broşa. Dinţii broşei modifică treptat forma găurii pînă cînd se obţine profilul dorit (fig. 1.20).

Broşarea exterioară permite prelucrarea unor suprafeţe la piese foarte variate, cum ar fi : palierele blocului-motor, chei fixe, sectoare dinţate, pîrghii etc.

Broşele utilizate pot fi dintr-o singură bucată (fig. 1.21) sau, pentru suprafeţele complicate, din mai multe bucăţi asamblate împreună, ceea ce reduce costul broşei.

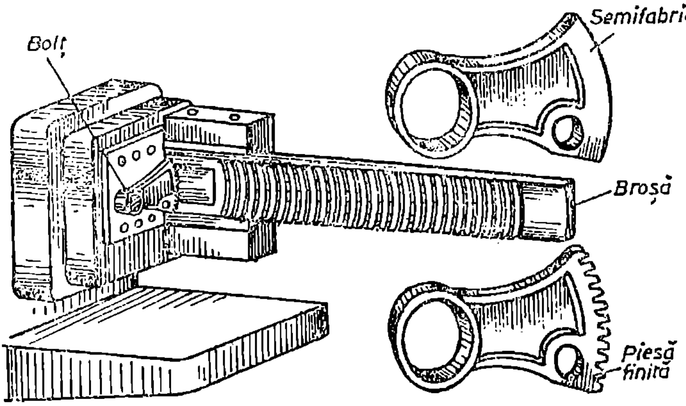


Fig. 1.21. Broşarea exterioară a unui sector dinţat.

d. **Rectificarea cu pietre abrazive profilate.** Prelucrarea cu scule profilate poate fi aplicată şi în cazul rectificării, folosindu-se o schemă de principiu asemănătoare celei de la frezare. Scula abrazivă este o piatră disc profilată, avînd generatoarea identică cu profilul care urmează a se prelucra (fig. 1.22).

Principala problemă care trebuie rezolvată în acest caz este profilarea discului. Operaţia poate fi executată cu un vîrf de diamant, deplasat după o traiectorie identică cu profilul care trebuie obţinut, folosindu-se un pantograf (v. pct. 1.1.4).

Rectificarea cu pietre abrazive profilate este întîlnită şi la prelucrarea de finisare a filetelor şi roţilor dinţate (v. cap. 2 şi 4).

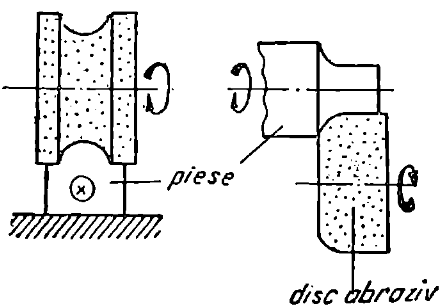


Fig. 1.22. Schema rectificării cu pietre profilate.

e. **Randalinarea.** *Randalinarea* este o operaţie de prelucrare a unor striaţii pe suprafeţele pieselor, în scopul măririi frecării la strîngerea, desfacerea sau manevrarea pieselor sau în scop estetic.

Scula folosită în acest scop se numeşte *randalină* şi constă din una sau mai multe role din oţel călit, prevăzute cu crestături transversale, longitudinale sau oblice pe suprafaţa laterală (fig. 1.23). Rolele sînt articulate într-un suport care se prinde pe un strung în suportul portcuţit, în mod asemănător cuţitelor. Profilul rolelor este caracterizat de pasul p care, în funcţie de felul materialului piesei şi de tipul rolei, poate avea valori cuprinse între 0,5 şi 1,2 mm.

Exemplu. Pentru prelucrarea unor striații pe capătul unei manete se procedează astfel :

1. Se montează piesa în universalul strungului (sau între vîrfuri dacă este cazul), iar suportul cu role în suportul portcuțit (fig. 1.24).

2. Se stabilește turația piesei astfel încît viteza periferică să fie egală cu viteza de așchiere folosită la strunjirea de degroșare.

3. Se apropie rolele de capătul piesei și se apasă pînă cînd se obține adîncimea striațiilor.

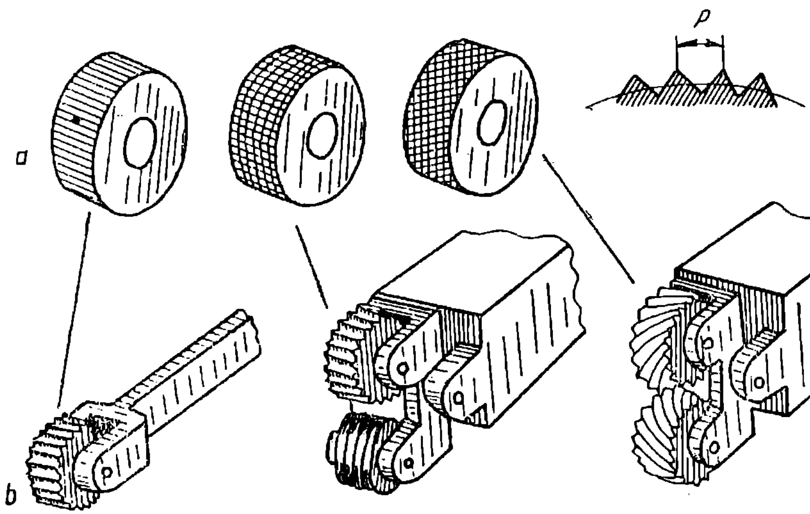


Fig. 1.23. Piese randalinate (a) și sculele folosite pentru obținerea acestor suprafețe (b).

4. Se cuplează avansul automat cu valoarea 0,5 p [mm/rot] și se deplasează rolele în lungul piesei menținîndu-se constantă apăsarea. Prelucrarea trebuie însoțită de o răcire abundentă cu lichid de ungere-răcire.

5. Se curăță suprafața de micile proeminențe cu ajutorul unei perii metalice.

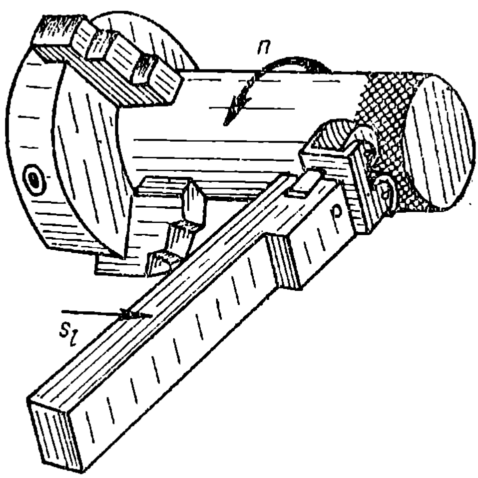


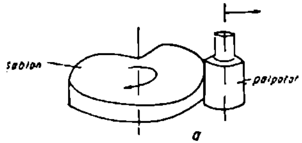
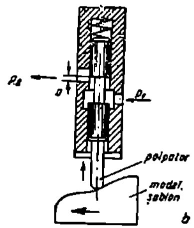
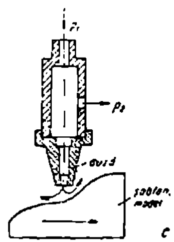
Fig. 1.24. Mișcările folosite la randalinare.

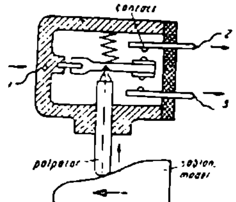
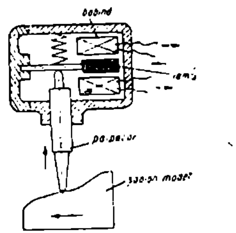
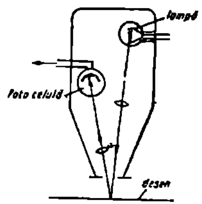
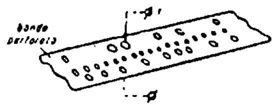
1.2.4. Prelucrarea suprafețelor profilate prin copiere

a. **Prelucrarea prin copiere.** Prelucrarea unei suprafețe profilate impune deplasarea sculei pe traiectorii bine determinate. Întrucît aceste traiectorii sînt, în mod frecvent, foarte complicate, s-a căutat să se materializeze în prealabil traiectoria sculei, întocmindu-se un *program* ce conține informațiile necesare generării traiectoriei.

Tabelul 1.4

Sisteme de copiere

Sistemul de copiere	Schema	Port programul	Traductorul	Palpatorul	Modul de funcționare
Mecanic		Şablon, model	Mecanic	v. fig. 1.27	În contact cu şablonul sau modelul, palpatorul capătă deplasări pe care le transmite, printr-un sistem rigid, suportului sculei
Hidraulic		Şablon, model	Hidraulic cu pistonaşe	v. fig. 1.27	Deplasarea palpatorului conduce la modificarea fantei de trecere a uleiului *a*, deci a presiunii din sistemul de acționare p_2
Pneumatic		Şablon, model	Pneumatic cu duză	Jet de aer	Jetul de aer ce iese prin duză se loveşte de şablon sau model; presiunea din sistemul de acționare p_2 depinde de distanța dintre duză şi şablon

Electric	 d	Şablon, model	Electric cu contacte	v. fig. 1.27	Palpatorul deplasîndu-se închide circuitele electrice *1*—*2* sau *1*—*3* prin care se transmit comenzi unor elemente de execuţie (relee, contactoare, ambreiaje electromagnetice etc.)
	 e	Şablon, model	Electric inductiv	v. fig. 1.27	Deplasarea lamei provoacă variaţia inducţiei bobinelor, care furnizează în sistemul de acţionare o variaţie de tensiune proporţională cu deplasarea
Fotoelectric	 f	Desen	Cu celulă electrică	Fascicul luminos	Intensitatea fasciculului luminos reflectat de desen este nulă cînd fasciculul cade pe o linie neagră şi maximă, cînd cade alături de ea. Celula furnizează un curent electric variabil folosindu-se sistemul de acţionare
Cu comandă numerică	 g	Bandă perforată, bandă magnetică etc.	Cu contact electric, cap magnetic	—	Semnalele primite de la traductor sînt folosite de aparatura de comandă a sistemului de acţionare

Programul este inclus într-un *portprogram*, acesta reprezentînd materializarea curbei pe care se va deplasa scula. Portprogramul poate fi un şablon, un model, un desen, o bandă perforată etc. (tab. 1.4).

Un dispozitiv special, denumit *traductor* sau *sesizor*, citeşte informaţiile conţinute în portprogram şi le transmite unui *sistem de acţionare*

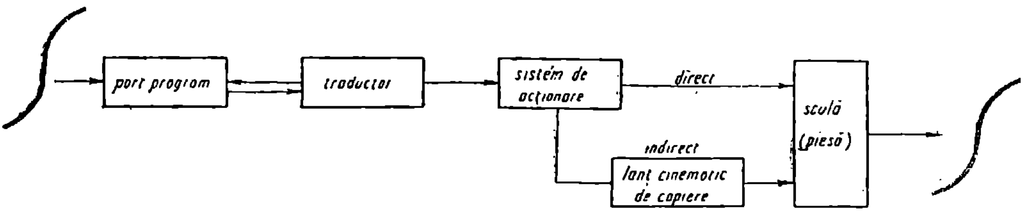


Fig. 1.25. Schema prelucrării prin copiere.

(fig. 1.25), care asigură deplasarea sculei după o traiectorie identică cu cea folosită la întocmirea programului.

În felul acesta, prin dispozitivele şi mecanismele cu care este dotată maşina-unealtă, scula *copiază* programul, de unde derivă şi denumirea de *prelucrare prin copiere*, respectiv, cea de *maşină-unealtă pentru prelucrarea prin copiere*.

Din figura 1.25 rezultă că sistemul de acţionare poate fi *direct*, atunci cînd mărimea de ieşire de la traductor — o deplasare — este transmisă direct suportului sculei printr-o legătură rigidă (fig. 1.26, *a*) sau *indirect*, atunci cînd mărimea de ieşire din traductor este transformată, amplificată şi transmisă unui lanţ cinematic de copiere (fig. 1.26, *b*).

Sistemele de acţionare directă sînt sisteme mecanice, întîlnite la sistemele de copiere mecanice, iar cele indirecte pot fi utilizate la toate sistemele de copiere (mecanice, hidraulice, electrice etc.).

În funcţie de felul portprogramului şi traductorului utilizat sistemele de copiere pot fi mecanice, hidraulice, pneumatice, electrice, fotoelectrice,

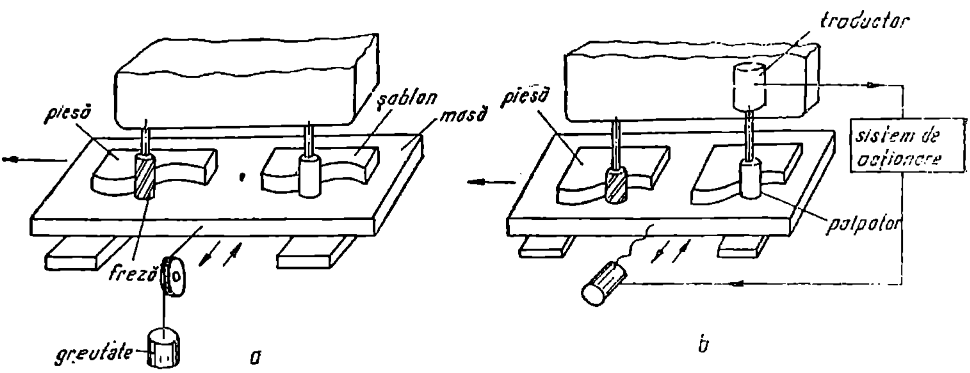


Fig. 1.26. Cuplarea cu sistem de acţionare direct (*a*), respectiv indirect (*b*).

cu comandă numerică (v. tab. 1.4) sau combinate (pneumohidraulice, optomecanice etc.).

Palpatorul (fig. 1.27) este un element component al traductorului, care vine în contact cu portprogramul şi culege informaţia de pe acesta,

transmiţînd-o traductorului. El este un element important deoarece, prin construcţia sa, poate influenţa precizia copierii.

b. Mişcări folosite la prelucrarea prin copiere. Traiectoria sculei aşchietoare la prelucrarea prin copiere se obţine în urma combinării mai multor mişcări de avans simple.

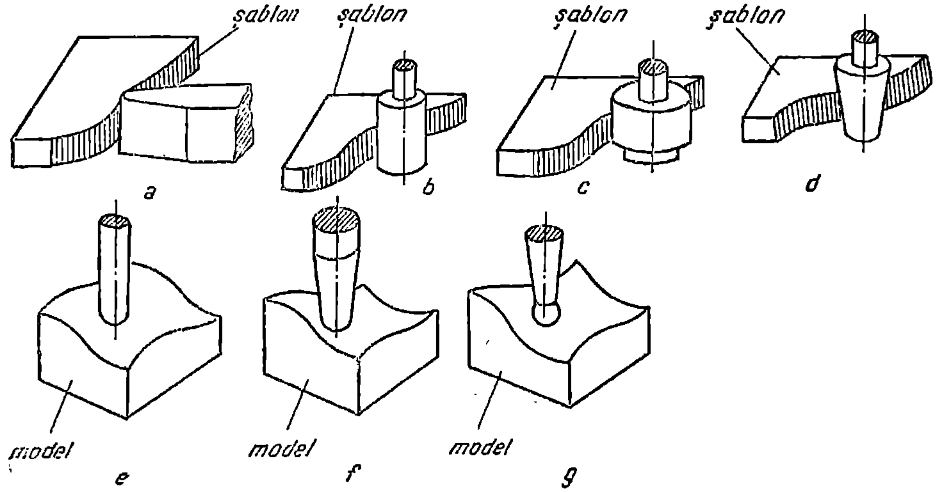


Fig. 1.27. Palpatoare :
a—d — pentru şabloane ; e—g — pentru modele ; a — cuţit ; b — deget cilindric ; c — rolă ; d — deget conic ; e — deget cilindric cu cap sferic ; f — deget conic cu cap sferic ; g — deget cu bilă.

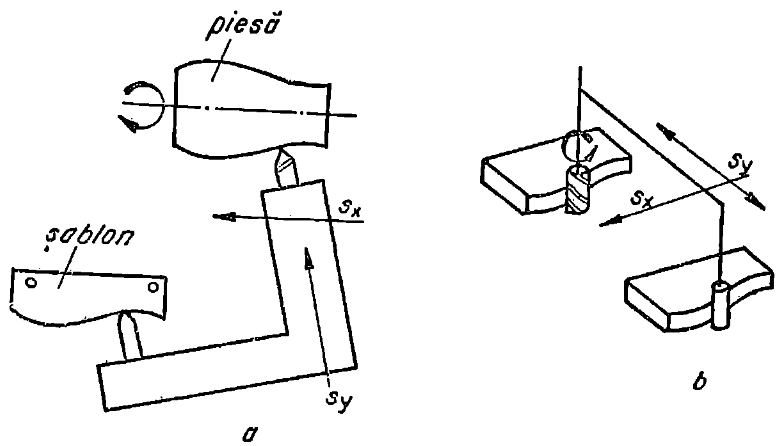


Fig. 1.28. Mişcările executate la copierea plană :
a — în cazul strunjirii ; b — în cazul frezării.

În funcţie de numărul acestor mişcări copierea poate fi :
— *plană* sau *bidimensională*, cînd sînt necesare două mişcări pe două direcţii diferite ;
— *spaţială* sau *tridimensională*, cînd sînt necesare trei mişcări, pe trei direcţii diferite.

La copierea plană (fig. 1.28) mişcarea pe direcţia y este denumită avans de copiere s_y, iar mişcarea pe direcţia x, cu viteză constantă, *avans*

de transport s_x. Portprogramul folosit la copierea plană este în mod obișnuit *șablonul*.

La copierea spațială (fig. 1.29) sînt necesare trei mișcări : un avans de transport s_x, unul de copiere s_z și o mișcare de avans periodic s_y. Portprogramul folosit la copierea spațială este *modelul*.

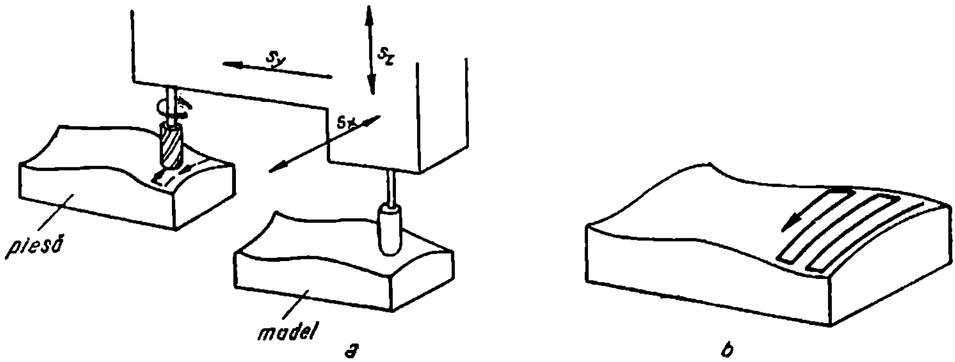


Fig. 1.29. Copierea spațială :
a — mișcări executate ; *b* — explorarea șablonului.

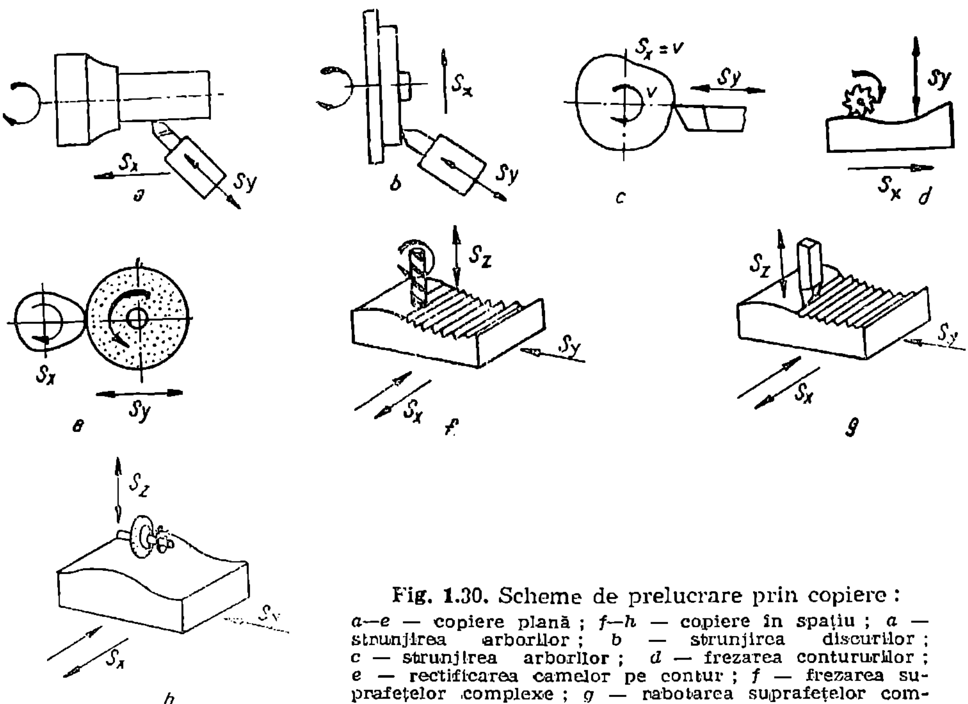


Fig. 1.30. Scheme de prelucrare prin copiere :
a—e — copiere plană ; *f—h* — copiere în spațiu ; *a* — strunjirea arborilor ; *b* — strunjirea discurilor ; *c* — strunjirea arborilor ; *d* — frezarea contururilor ; *e* — rectificarea camelor pe contur ; *f* — frezarea suprafețelor complexe ; *g* — rabotarea suprafețelor complexe ; *h* — rectificarea suprafețelor complexe.

Particularizînd schemele de copiere plană și spațială pentru diferitele procedee de prelucrare prin așchiere, se obțin schemele de prelucrare prin copiere reprezentate în figura 1.30. Aceste scheme nu epuizează cazurile posibile. Din această figură rezultă că prelucrarea prin copiere poate fi aplicată și la prelucrarea arborilor și discurilor cu suprafețe dispuse în trepte ceea ce conduce la o creștere însemnată a productivității.

c. **Maşini-unelte şi prelucrări prin copiere.** Maşinile-unelte pentru prelucrarea prin copiere pot fi :

— obişnuite, adaptate pentru prelucrarea prin copiere ;

— speciale, pentru prelucrarea prin copiere ;

— cu comandă numerică.

În continuare vor fi descrise prelucrările efectuate pe maşini din primele două categorii, urmînd ca prelucrarea pe maşini-unelte cu comandă numerică să se trateze în capitolul 5.

1) *Copierea pe maşini de frezat.* Frezarea constituie procedeul de aşchiere care se pretează cel mai bine prelucrării prin copiere. Se pot folosi maşini de frezat obişnuite (orizontale, verticale, universale), adaptate pentru prelucrarea prin copiere, sau maşini de frezat prin copiere.

a) *Copierea pe maşini de frezat obişnuite.* Există numeroase soluţii care permit unei maşini de frezat să poată prelucra prin copiere, plecînd de la schema din figura 1.30, *d*. Copierea este plană, folosindu-se un avans de transport s_x, care coincide cu unul din avansurile automate ale mesei maşinii sau cu o mişcare de rotaţie, primită de la un dispozitiv montat pe masa maşinii şi un avans de copiere s_y, realizat prin deplasarea mesei sub acţiunea unui şablon care constituie portprogramul.

Pentru exemplificare în figura 1.31 este reprezentată schema prelucrării prin copiere a unei came pe o maşină de frezat cu cap vertical, folosindu-se o masă rotativă pe care sînt montate şablonul şi piesa. Avansul de transport s_x este imprimat piesei şi şablonului prin intermediul platoului mesei. Avansul de copiere s_y se obţine prin deplasarea liberă a

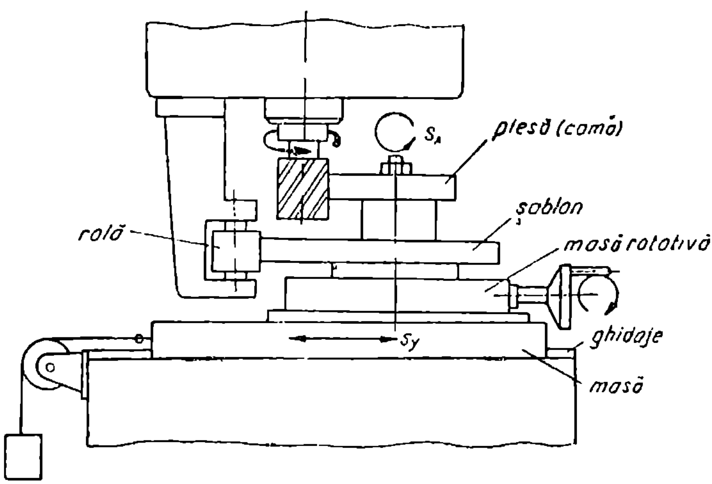


Fig. 1.31. Frezarea unei came prin copiere plană, pe o maşină de frezat obişnuită.

mesei transversale a maşinii — decuplată în prealabil de pe şurubul său conducător — sub acţiunea unei greutăţi.

Sistemul de copiere prezentat poate fi încadrat în tabelul 1.4, ca sistem mecanic, cu palpator mecanic şi sistem de acţionare directă.

b) *Copierea pe maşini de frezat prin copiere.* Maşinile de frezat prin copiere sînt maşini speciale destinate copierii spa-

ţiale dar putînd executa cu uşurinţă şi copierea plană, prin suprimarea avansului periodic (copierea plană fiind un caz particular al frezării spaţiale).

Sistemele de copiere folosite la aceste maşini pot fi mecanice, hidraulice, electrice, fotoelectrice sau combinate. În figura 1.32 este reprezentată schema de principiu a unei maşini de frezat cu sistem de copiere electric, cu contacte. Traductorul asigură atît comanda avansului de copiere s_y, cît şi a celui de transport s_t. Comanda avansului periodic s_x şi a inversării sensului avansului de transport sînt asigurate de către un sistem de limitatoare de cursă, fixate pe săniile mesei maşinii, astfel încît modelul să fie explorat după o traiectorie de tipul celei din figura 1.29, *b*.

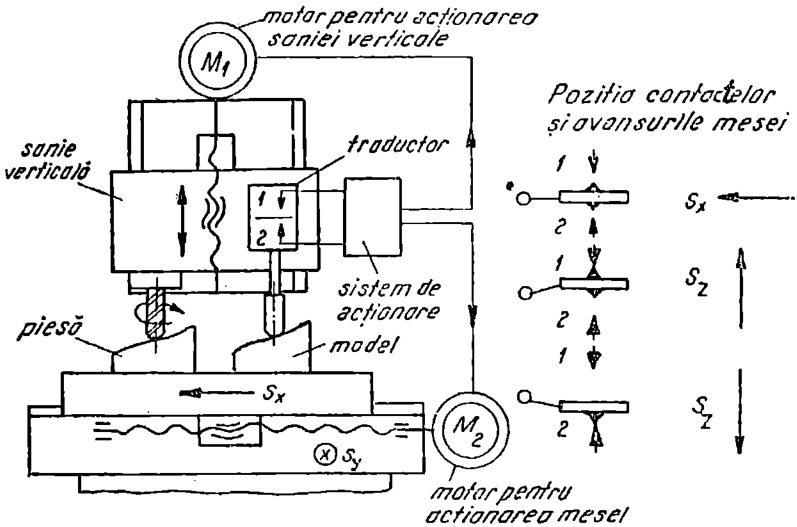


Fig. 1.32. Schema de principiu a unei maşini de frezat prin copiere.

Din punct de vedere constructiv, maşinile de frezat prin copiere pot fi orizontale sau verticale (fig. 1 33). Avînd în vedere productivitatea relativ redusă a acestor maşini, pentru înlăturarea acestui dezavantaj s-au construit maşini de frezat cu mai multe posturi de prelucrare (2—3), amplasate în linie, aşa cum este reprezentat punctat în figura 1.33, *b*.

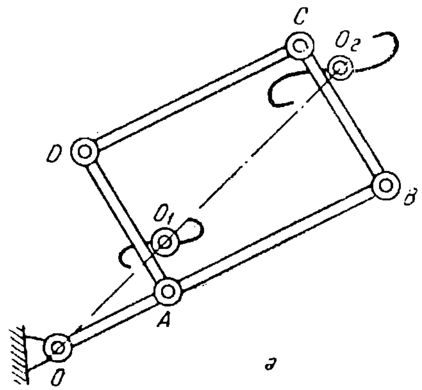
Maşinile de frezat prin copiere se folosesc frecvent în sculării la prelucrarea matriţelor, pentru prelucrarea prin deformare plastică a materialelor metalice, a matriţelor pentru prelucrarea materialelor plastice, a cochilelor pentru turnarea metalelor, a modelelor pentru turnătorie, a prototipurilor etc.

c) *Copierea pe maşini de frezat cu pantograf.* Maşinile de frezat cu pantograf sînt utilizate la prelucrarea matriţelor mici şi complicate cum sînt cele pentru confecţionarea medaliilor, monedelor, insignelor etc. şi pentru gravarea inscripţiilor.

Sistemul de copiere este mecanic, cu acţionare indirectă, prin intermediul unui dispozitiv denumit *pantograf*, manevrat manual. El este alcătuit dintr-un sistem de bare articulate, alcătuind un paralelogram avînd una din laturi prelungită (fig. 1.34, *a*). Pe două din laturile paralele *AD* şi *BC* se fixează două lagăre, în punctele O_1 şi O_2, astfel încît cele trei puncte

O, O_1 și O_2, să se găsească pe o linie dreaptă. Dacă se amplasează în lagărul O_1 un palpator, iar în lagărul O_2 axul portfreză, atunci la o anumită deplasare a palpatorului freza descrie aceeași traiectorie, dar la o altă scară, deoarece tot timpul triunghiurile OAO_1 și OBO_2 rămîn asemenea. Raportul

$$\boxed{i_M = \frac{OB}{OA}} \qquad (1.4)$$



este denumit *raport de mărire*.

Dacă se inversează locurile palpatorului și frezei, atunci traiectoria descrisă de freză va fi asemenea celei a palpatorului, dar micșorată cu inversul acestui raport. În felul acesta, cu ajutorul pantografului se pot obține măriri, micșorări sau reproduceri identice (cînd O coincide cu A).

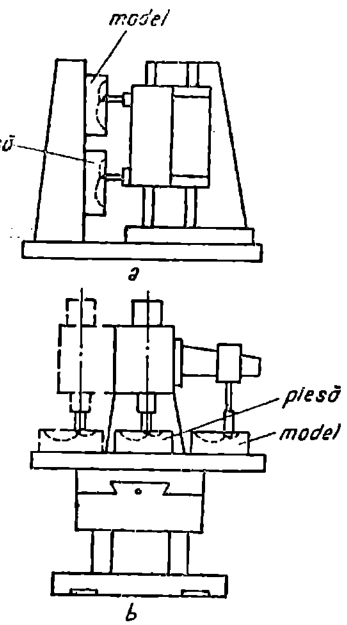


Fig. 1.33. Soluții constructive pentru mașinile de frezat prin copiere :

a — orizontale ; *b* — verticale.

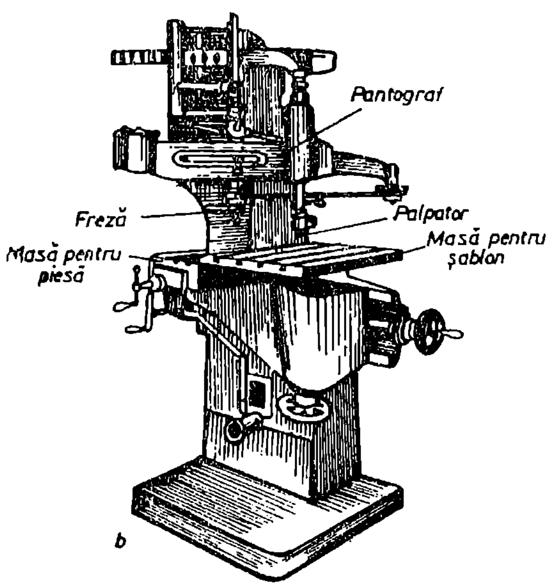


Fig. 1.34. Mașină de frezat cu pantograf.

Constructiv, mașina se prezintă ca în figura 1.34, *b*. Ea are două mese, una folosită pentru așezarea șabloanelor, iar cealaltă pentru așezarea pieselor ce se prelucrează. Lungimea brațelor pantografului și poziția lagărelor frezei și palpatorului sînt reglabile.

2) *Copierea pe strunguri.* Ca și în cazul frezării, copierea se poate executa pe strunguri obișnuite, adaptate pentru prelucrarea prin copiere sau pe strunguri de copiat, special construite.

a) *Copierea pe strunguri obișnuite.* Adaptarea unui strung obișnuit pentru prelucrarea prin copiere este relativ ușoară. Ea se rezolvă prin decuplarea șurubului conductor al uneia din săniile căruciorului — de obicei cea transversală — și montarea unui șablon, urmărit de un palpator (rolă) solidar cu sania respectivă.

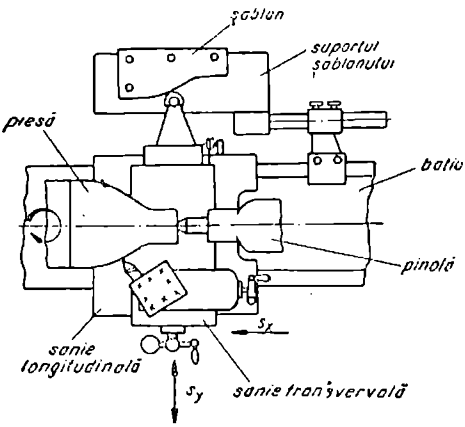


Fig. 1.35. Adaptarea strungului normal pentru prelucrarea prin copiere.

În figura 1.35 este reprezentată schema copierii după șablon, pe un strung normal. Șablonul este montat pe un suport, fixat, la rîndul lui, pe batiul strungului. Sania transversală a căruciorului se deplasează liber, trasă de o greutate (nefigurată în desen), astfel încît o rolă solidară cu această sanie vine în contact permanent cu șablonul. În felul acesta, la cuplarea avansului longitudinal, care în cazul de față devine avans de transport s_x, sania transversală va executa avansul de copiere s_y (copiere plană).

Soluția prezentată nu este unica soluție posibilă. Există situații în care copierea poate fi realizată după un șablon fixat în pinola păpușii mobile.

În mod similar se pot adapta pentru copiere și strungurile carusel.

b) *Prelucrarea prin copiere pe strunguri de copiat.* Strungurile de copiat sînt prevăzute în mod obișnuit cu un sistem de copiere hidraulic (fig. 1.36). Copierea este plană, avansul de copiere s_y obținîndu-se la o sanie transversală, solidară cu un cilindru ce se poate deplasa față de un piston fix.

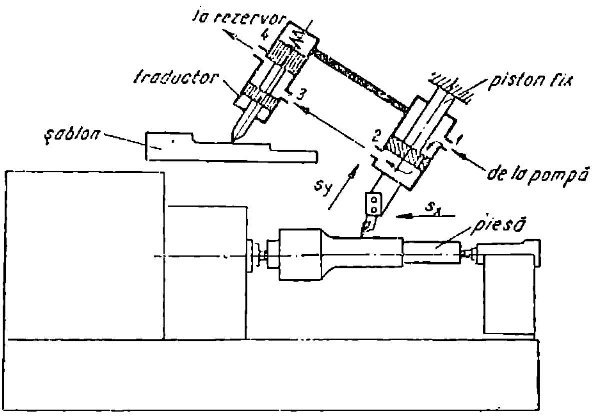


Fig. 1.36. Schema de principiu a copierii pe un strung de copiat.

Uleiul sub presiune este adus de la o pompă cu debit constant și circulă de la orificiul *1* al cilindrului de lucru, printr-o gaură din piston, și iese prin orificiul *2*, trecînd la cilindrul traductorului prin orificiile *3* și *4*. Prin modificarea deschiderii orificiului *4*, ca urmare a deplasării sertărașului comandat de palpator, se modifică presiunile în fața și spatele pisto-

nului fix, ceea ce are drept consecință deplasarea cilindrului de lucru pe direcția avansului de copiere s_y.

Pe strungurile de copiat se prelucrează frecvent arbori în trepte, indiferent dacă au sau nu porțiuni profilate.

Copierea pe strungul de copiat ridică o serie de probleme, a căror rezolvare a condus la unele particularități constructive și funcționale ale acestor strunguri. Astfel, prelucrarea treptelor nu este posibilă în cazul în care palpatorul este normal pe axa piesei, deoarece nu există o forță componentă care să respingă palpatorul la atingerea umărului corespunzător de pe șablon (fig. 1.37, *a*). Problema se rezolvă prin înclinarea saniei de copiere cu un unghi de 60°, astfel încît să fie posibilă deplasarea pe direcția avansului de copiere s_y (fig. 1.37, *b*).

O altă problemă care apare constă în aceea că, din cauza înclinării saniei, nu mai este posibilă obținerea treptelor ale căror dimensiuni cresc de la stînga la dreapta (detaliul *A* în fig. 1.37, c). Rezolvarea acestei probleme este posibilă în mai multe moduri :

— prin amplasarea unei sănii transversale lucrînd în zonele respective, cu avans transversal s_t (fig. 1.37, *d*) ;

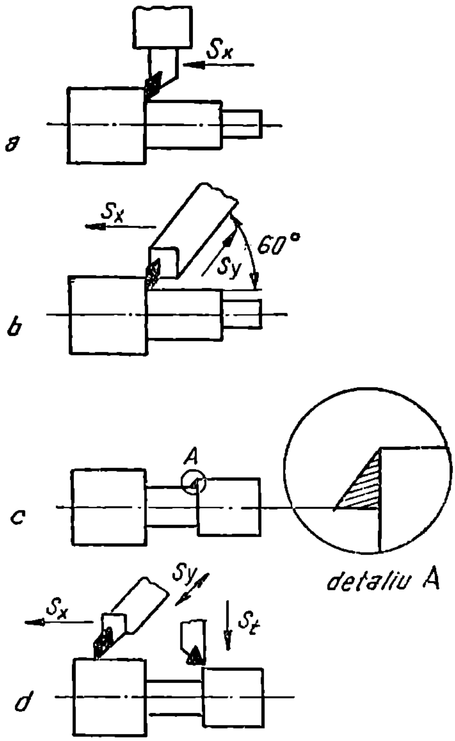


Fig. 1.37. Prelucrarea prin copiere a arborilor în trepte.

— prin amplasarea pe strung a două sănii de copiat, una lucrînd de la dreapta spre stînga, iar cealaltă de la stînga la dreapta.

În cazul în care adaosul de prelucrare este foarte mare, situație care se întîlnește atunci cînd semifabricatul este o bară cilindrică, prelucrarea trebuie făcută din mai multe treceri, pentru fiecare trecere folosindu-se alt șablon.

Exemplu. Pentru prelucrarea arborelui din figura 1.38, *a* se folosesc trei treceri, dintre care două de degroșare și una de finisare. Aceste treceri necesită trei șabloane *I*—*III*. Succesiunea deplasărilor sculei este reprezentată în figura 1.38, *b*. Se observă în figură că, la sfîrșitul prelucrării, scula revine în poziția inițială (punctul *A*). Lungimea curselor pe direcția avansului de transport s_x se delimitează cu limitatoare de cursă, fixate pe un suport în spatele saniei de copiere.

d. **Prelucrarea pe strunguri de detalonat.** 1) *Detalonarea.* Unele scule așchietoare, destinate prelucrării danturilor filetelor sau suprafețelor profilate, sînt astfel construite, încît după ascuțire să-și păstreze profilul inițial.

Exemplu. O freză disc obișnuită are dinți frezați, adică obținuți printr-o operație de frezare (fig. 1.39, *a*). Dintele unei asemenea freze se ascute atît pe fața de așezare *FA*, cît și pe cea de degajare *FD*, profilul obținut prin ascuțire neavînd importanță.

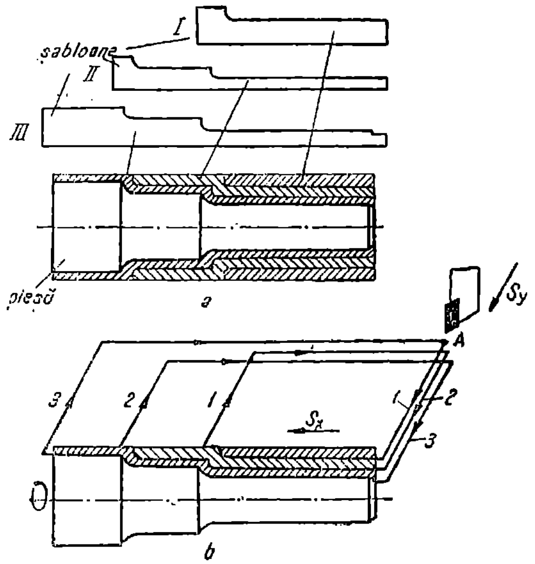


Fig. 1.38. Etapele de prelucrare a unui arbore în trepte pe un strung de copiat.

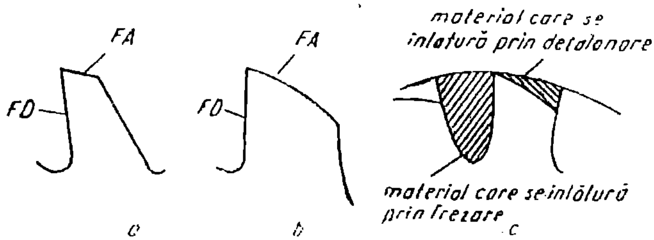


Fig. 1.39. Profilul dinților unei freze.

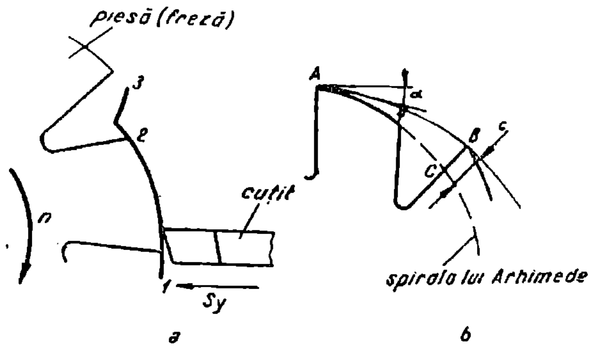


Fig. 1.40. Curba de detalonare și generarea ei.

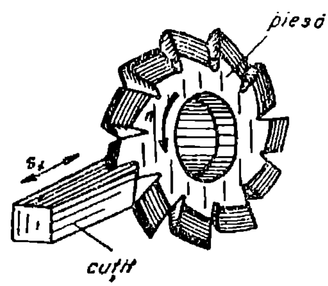


Fig. 1.41. Schema detalonării radiale.

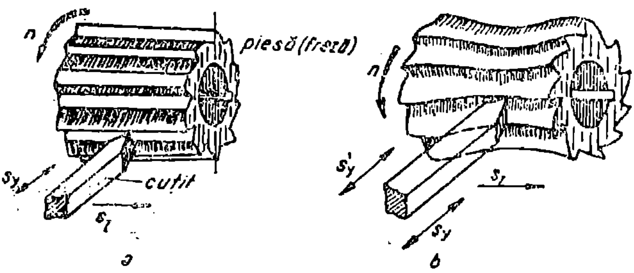


Fig. 1.42. Schema detalonării cu avans longitudinal:

a — a unei freze cilindrice cu dinți drepți ; *b* — a unei freze cilindrice profilate.

În cazul unei freze disc profilate, la care profilul dintelui are o importanță deosebită, ascuțirea se execută numai pe fața de degajare a dintelui *FD* (fig. 1.39, *b*).

Pentru ca profilul dintelui să se păstreze după ascuțire, spatele dintelui este orientat după o curbă spirală și se obține printr-o operație de prelucrare denumită *detalonare*. Rezultă că un astfel de dinte se obține în urma a două operații de prelucrare prin așchiere (fig. 1.39, *c*) : o frezare a golului dintre dinți și o *strunjire de detalonare* a spatelui dintelui.

După cum se vede în figura 1.39, *c*, prelucrarea spatelui dintelui este de fapt o prelucrare a unei suprafețe profilate. Pentru obținerea unui dinte este necesară deplasarea cuțitului după o traiectorie compusă dintr-o porțiune de spirală 1—2 și apoi o altă porțiune 2—3, necesară revenirii sculei în poziția inițială (fig. 1.40, *a*). Această traiectorie se realizează prin imprimarea unui avans de copiere s_y cuțitului coordonat cu mișcarea de rotație a piesei (mișcare principală de așchiere și, în același timp, mișcare de transport).

Curba de detalonare a spatelui dintelui este o spirală, care să permită menținerea constantă a unghiului de așezare α (fig. 1.40, *b*), după reascuțirile dintelui pe fața de degajare. Curba care satisface această condiție și în același timp este ușor de generat este *spirala lui Arhimede*.

Mărimea care caracterizează spirala dintelui și care se folosește la prelucrarea lui este detalonarea *c*. Din triunghiul curbiliniu *ABC* (fig. 1.40, *b*) — pentru valori mici ale unghiului α — se poate determina detalonarea cu relația :

$$c = BC = AB \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha, \qquad (1.5)$$

în care :

d și z sînt diametrul, respectiv numărul de dinți ai sculei supusă detalonării ;

α — unghiul de așezare al dintelui detalonat.

2) *Metode de detalonare*. Sculele supuse detalonării sînt : freze profilate (disc sau cilindrice), frezele-melc, folosite la prelucrarea danturilor (v. cap. 4), și tarozii. În funcție de configurația și dimensiunile sculei supusă detalonării, detalonarea poate fi : radială, cu avans longitudinal și elicoidală.

Detalonarea radială se utilizează la prelucrarea dinților frezelor disc profilate. Cuțitul de detalonat este un cuțit profilat, corespunzător profilului transversal al dintelui.

În timpul strunjirii de detalonare, piesa (freza) execută mișcarea principală de așchiere, de rotație și o mișcare rectilinie de avans de copiere s_y, denumită și mișcare de detalonare (fig. 1.41).

Detalonarea cu avans longitudinal se aplică frezelor cilindrice profilate la care, din cauza lungimilor mari, nu este posibil să se folosească un cuțit profilat (de exemplu, un cuțit lat). Mișcările folosite la prelucrare sînt mai numeroase și anume (fig. 1.42) :

— mișcarea principală de așchiere n ;

— mișcările necesare generării profilului transversal al dintelui : o mișcare de avans longitudinal s_l și o mișcare de avans de copiere s_y ;

— avansul de copiere pentru detalonare (mişcarea de detalonare) s'_y

Un caz particular al detalonării cu avans longitudinal este cel al prelucrării sculelor cu dinţi drepţi (de exemplu, tarozii cu canale drepte) ; în acest caz nu mai este necesară mişcarea de avans de copiere s'_y

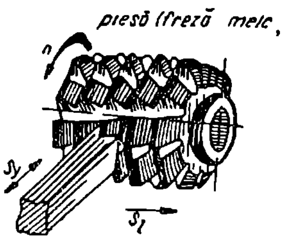


Fig. 1.43. Schema detalonării elicoidale a unei freze-melc.

Sculele folosite la detalonarea cu avans longitudinal pot fi cuţite obişnuite pentru prelucrarea prin copiere (cu muchia tăietoare rotunjită) sau cuţite de filetat (cazul prelucrării tarozilor).

Detalonarea elicoidală se aplică sculelor de filetat (tarozi) sau frezelor melc.

Mişcările folosite la prelucrare sînt (fig. 1.43) :

— mişcarea principală de aşchiere n ;

— mişcarea de avans longitudinal s_l, corelată cu mişcarea de rotaţie (mişcarea principală), a piesei, necesară generării traiectoriei elicoidale ;

— mişcarea de avans de copiere s_y (mişcare de detalonare).

Scula folosită depinde de tipul sculei prelucrate : cuţit obişnuit pentru copierea pentru prelucrarea dinţilor elicoidali ai unei freze cilindrice, cuţit de filetat pentru tarodul cu canale elicoidale sau cuţit profilat pentru freza-melc.

3) *Maşini-unelte folosite la detalonare.* Detalonarea se poate executa :

— pe strunguri normale, adaptate pentru detalonare ;

— pe strunguri speciale de detalonat.

Adaptarea pentru detalonare a unui strung normal este asemănătoare celei întîlnite la prelucrarea prin copiere obişnuită. Deosebirea principală constă în faptul că, în cazul detalonării, este necesară o coordonare a mişcării de detalonare a sculei cu mişcarea de rotaţie a piesei, astfel încît să se realizeze traiectoria necesară (v. fig. 1.40, *a*).

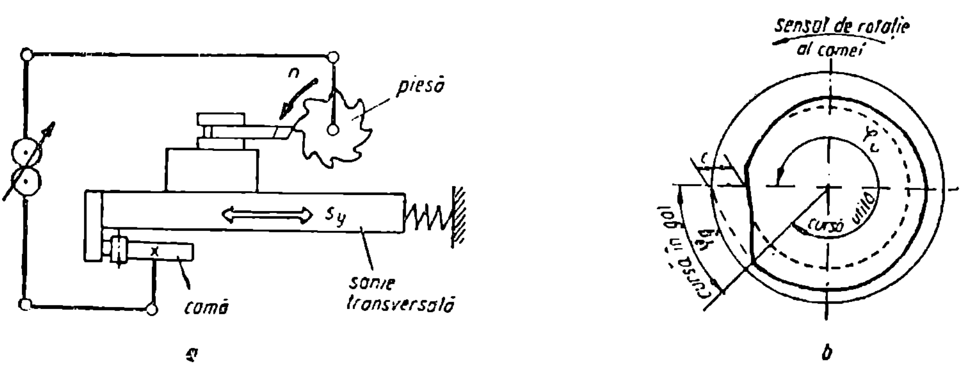


Fig. 1.44. Adaptarea saniei transversale a unui strung normal pentru detalonare.

În figura 1.44, *a* este reprezentată schematic modificarea saniei transversale a unui strung normal în vederea detalonării : sania este decuplată de pe şurubul său conducător şi primeşte mişcarea de avans de copiere s_y, de la o camă disc, cuplată cinematic cu arborele principal al strungului.

Cama de comandă este reprezentată în figura 1.44, *b*. La o rotaţie completă a camei se obţine traiectoria necesară prelucrării unui dinte (v. fig. 1.40, *a*). Pe un astfel de strung se pot executa detalonarea radială şi cea cu avans longitudinal.

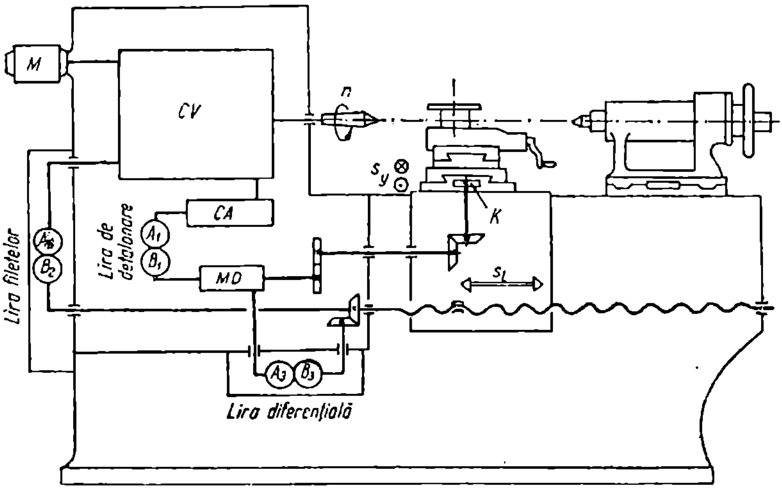


Fig. 1.45. Schema cinematică a strungului de detalonat universal.

Cea mai reprezentativă maşină-unealtă pentru detalonare este strungul de detalonat universal, a cărui schemă cinematică simplificată este reprezentată în figura 1.45. Pe acest strung se pot obţine mişcările necesare oricărei metode de detalonare.

Mişcarea de rotaţie *n* se obţine la arborele principal, de la motorul electric *M* cu două turaţii, prin intermediul cutiei de viteze *CV*. Mişcarea de detalonare s_y, necesară oricărui tip de detalonare, se obţine prin deplasarea corespunzătoare a saniei transversale a strungului, cu ajutorul camei-disc *K*. La arborele camei *K* pot ajunge două mişcări de rotaţie : o mişcare de la arborele principal ce se reglează cu roţile de schimb A_1/B_1 şi este folosită la detalonarea radială, fără avans longitudinal : a doua mişcare de rotaţie provenind de la şurubul conducător, care n-ar putea ajunge la camă fără existenţa mecanismului diferenţial *MD*, ce este capabil să însumeze algebric două mişcări, adunîndu-le sau scăzîndu-le. Mişcarea transmisă şurubului conducător se poate regla cu ajutorul roţilor de schimb A_3/B_3 şi ea intervine numai în cazul detalonării cu avans longitudinal a frezelor cu canale înclinate şi a detalonării elicoidale, mărind sau micşorînd turaţia camei de detalonare. Pentru detalonarea radială şi detalonarea cu avans longitudinal a frezelor cu canale drepte nu se vor muta roţile A_3/B_3 şi, astfel, cama *K* va primi mişcarea de rotaţie numai de la cutia de avansuri *CA*.

Avansul longitudinal sau pasul elicei filetului se reglează în aceleaşi condiţii ca şi la strungul normal fără cutie de avansuri şi filete, prin determinarea roţilor de schimb A_2/B_2. În cazul strungului de detalonat, ca şi la strungul normal, raportul de transmitere între arborele principal şi primul arbore al roţilor de schimb este 1/1, cînd este cuplat cuplajul şi deci mişcarea roţilor A_2 este identică cu cea a arborelui principal, ceea ce simplifică foarte mult calculele.

4) *Copierea pe maşini de rectificat.* Maşinile de rectificat prin copiere sînt relativ puţin răspîndite. Ele pot fi maşini de rectificat plan sau maşini de rectificat rotund, de obicei exterior.

Maşinile pentru rectificarea rotundă exterioră a suprafeţelor profilate, mai răspîndite, depind, în ceea ce priveşte construcţia, de felul pieselor supuse prelucrării.

De exemplu, pentru rectificarea camelor arborilor de distribuţie ai motoarele cu ardere internă se folosesc maşini de rectificat prin copiere mecanică după şablon, acesta fiind o camă cu contur identic cu cama de prelucrat.

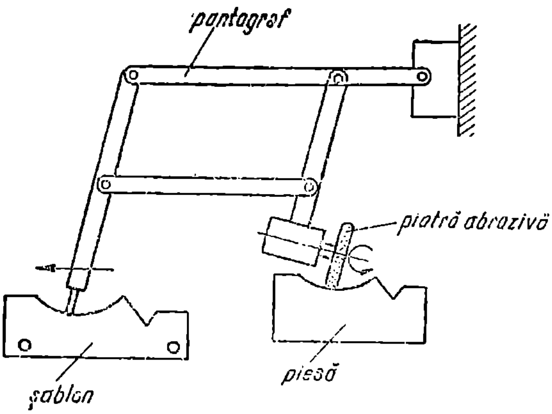


Fig. 1.46. Schema rectificării prin copiere pantografică.

Rectificarea feţelor de aşezare ale dinţilor detalonaţi ai sculelor aşchietoare se execută pe maşini de detalonat prin rectificare, care lucrează după acelaşi principiu ca şi strungurile de detalonat.

Pentru rectificarea matriţelor sau plăcilor de tăiere ale ştanţelor se folosesc maşini de rectificat prin copiere, cu pantograf. O astfel de maşină lucrează după acelaşi principiu ca şi maşinile de frezat cu pantograf, cu deosebirea că scula aşchietoare, în cazul de faţă, este o piatră abrazivă (fig. 1.46). Metoda este puţin productivă, deoarece conducerea palpatorului pe şablon este manuală dar poate fi aplicată cu uşurinţă la producţia de serie mică sau de unicat, caracteristică prelucrării sculelor pentru prelucrarea prin deformare plastică sau prin tăiere a tablelor.

e. **Probleme specifice prelucrării prin copiere.** 1) *Scule aşchietoare folosite la prelucrarea prin copiere.* Între dimensiunile sculei aşchietoare şi palpatorului şi configuraţia şablonului, folosite la frezarea prin copiere plană, există o legătură bine determinată.

Dacă diametrul palpatorului este identic cu cel al sculei, atunci configuraţia şi dimensiunile conturului şablonului sînt identice cu cele ale piesei prelucrate (fig. 1.47, *a*).

Dacă însă diametrul palpatorului este diferit de cel al frezei, atunci profilul şablonului este diferit de cel al piesei prelucrate, situaţie care rezultă din condiţia ca traiectoriile centrului frezei şi centrului palpatorului să fie identice (fig. 1.47, *b*).

În cazul frezării prin copiere în spaţiu, forma şi dimensiunile palpatorului să fie identice cu cele ale palpatorului care explorează modelul (fig. 1.48).

Freza, în acest caz, este o freză-deget cu capul rotunjit, cu aceeaşi rază ca şi cea a palpatorului.

În cazul strunjirii prin copiere, dacă profilul prelucrat este complicat şi alcătuit din suprafeţe plane şi curbe, cuţitul folosit este un cuţit de finisat, cu capul rotunjit avînd o rază la vîrf de 1—2 mm. La prelucrarea arborilor în trepte se pot utiliza cuţite obişnuite.

2) *Calitatea suprafețelor prelucrate prin copiere.* Netezimea suprafețelor prelucrate prin copiere plană (frezare sau strunjire) nu diferă de netezimea suprafețelor prelucrate prin procedeele respective dar fără copiere.

O situație aparte se întîlnește în special la copierea spațială prin frezare cînd netezimea suprafeței prelucrate depinde direct de felul sistemului de copiere și al traductorului utilizat (fig. 1.49). Sub acest aspect, copierea poate fi *continuă*, în cazul folosirii traductoarelor hidraulice sau

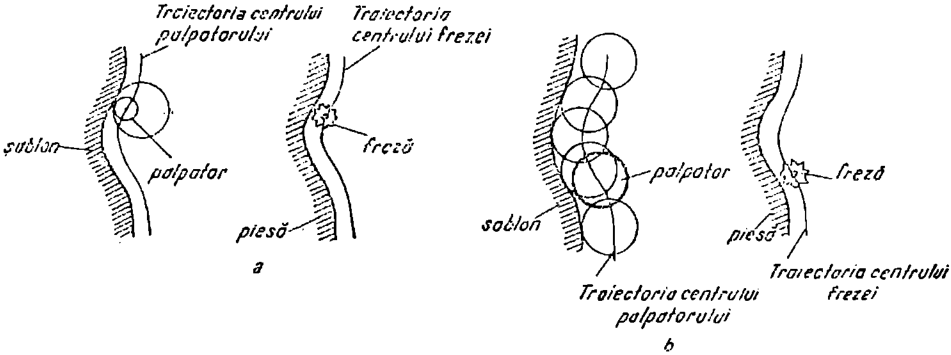


Fig. 1.47. Legătura dintre forma șablonului și cea a conturului prelucrat, la copierea plană prin frezare.

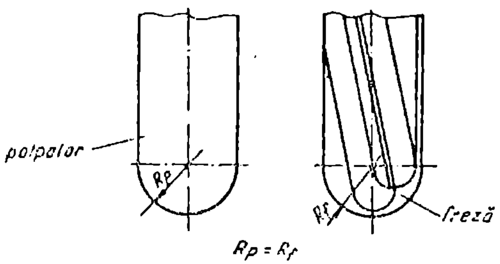


Fig. 1.48. Forma capătului palpatorului și a frezei, la prelucrarea prin copiere spațială.

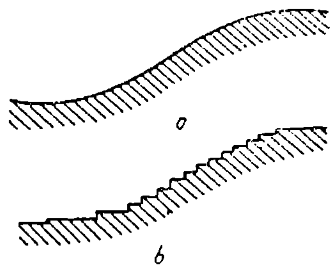


Fig. 1.49. Aspectul suprafețelor obținute:
a — prin copiere continuă ;
b — prin copiere discontinuă.

electrice inductive, sau *discontinuă*, cînd se folosesc traductoare electrice cu contacte sau traductoare fotoelectrice.

Netezimea scăzută a suprafeței prelucrate prin copiere discontinuă se datorește faptului că traductorul transformă deplasarea continuă a palpatorului în semnale discontinue, transmise sistemului de acționare.

3) *Condiții impuse profilului prelucrat.* Profilul suprafeței prelucrate prin copiere este condiționat de dimensiunile palpatorului și sculei utilizate.

Astfel, de exemplu, în cazul copierii contururilor, profilul prelucrat depinde de diametrul palpatorului respectiv al frezei în felul următor (fig. 1.50) :

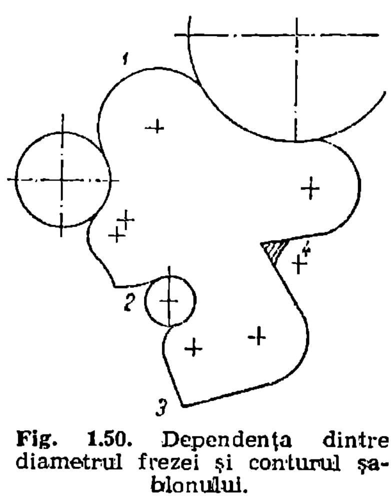


Fig. 1.50. Dependența dintre diametrul frezei și conturul șablonului.

— cel mai mic intrînd al piesei care poate fi prelucrat are diametrul egal cu diametrul minim al frezei care poate fi folosită (detaliul *2*) ;

— intrîndurile unghiulare (în cazul detaliului *4*) nu pot fi prelucrate în întregime, urmînd ca materialul rămas (cel haşurat) să fie îndepărtat prin alt procedeu sau cu alte scule ;

— proeminenţele conturului (cazul detaliilor *1* sau *3*) nu ridică probleme la prelucrare, putînd fi uşor realizate.

1.2.5. Prelucrarea suprafeţelor profilate folosindu-se lanţuri cinematice de profilare

După cum s-a arătat mai înainte, pentru a se obţine o suprafaţă profilată este necesar să se asigure sculei aşchietoare o anumită traiectorie în raport cu piesa prelucrată. Realizarea acestei traiectorii poate fi asigurată şi de un lanţ cinematic care aparţine maşinii-unelte sau unui dispozitiv montat pe maşină. Lanţul cinematic respectiv poate fi utilizat pentru prelucrarea unei anumite suprafeţe, cu un anumit profil şi dimensiuni bine determinate. Schimbarea unei porţiuni a profilului sau a unei dimensiuni necesită refacerea lanţului cinematic.

La construcţia camelor se foloseşte curent ca profil spirala lui Arhimede (fig. 1.51, *a)*, care are proprietatea că raza r creşte proporţional cu unghiul α. Din această cauză, distanţa radială dintre două spire vecine, adică pasul spiralei p_s, este constantă.

Dacă pentru un unghi α, raza creşte cu cantitatea a, atunci pasul spiralei se determină cu relaţia :

$$\boxed{p_s = \frac{360^\circ}{\alpha^\circ} \cdot a}. \tag{1.6}$$

Camele cu profil de spirală arhimedică se prelucrează prin frezare, pe maşini de frezat verticale pe care se montează un cap divizor cu axa verticală(fig. 1.51, *b*).

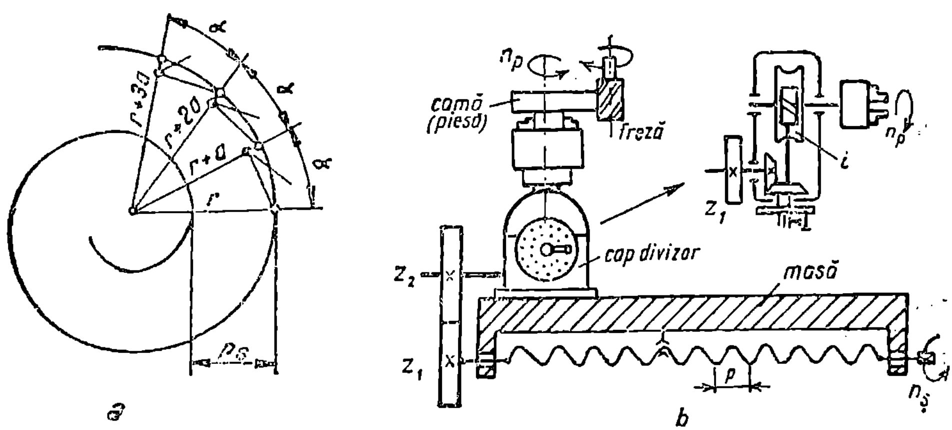


Fig. 1.51. Prelucrarea camelor cu profil de spirală arhimedică.

Prin rotirea şurubului conductor se deplasează masa maşinii în vederea obţinerii pasului spiralei p, însă în acelaşi timp, datorită roţilor de schimb z_1 şi z_2, axul capului divizor împreună cu piesa capătă o mişcare de rotaţie.

Roţile z_1 şi z_2 se calculează cu relaţia :

$$\boxed{\frac{z_1}{z_2} = i \cdot \frac{P}{p_0}} \tag{1.7}$$

în care i este caracteristica capului divizor ($i = 40$), iar P pasul şurubului conductor al mesei maşinii.

Exemplu. O camă cu profil de spirală arhimedică trebuie să asigure ridicarea unui tachet cu 10 mm, pentru o rotaţie cu un unghi de 40°. Prelucrarea acestei came se face pe o maşină de frezat avînd un şurub conducător cu pasul $P=4$ mm şi un cap divizor cu caracteristica $i=40$.

Pasul spiralei se determină cu relaţia (1.6).

$$p_s = \frac{360}{50} \cdot 10 = 90 \text{ mm}.$$

Roţile de schimb necesare se stabilesc pe baza relaţiei 1.6 :

$$\frac{z_1}{z_2} = 40 \cdot \frac{4}{90} = \frac{16}{9} = \frac{80}{45}.$$

Se vor folosi, deci, două roţi dinţate avînd $z_1=80$ dinţi şi respectiv $z_2=45$ dinţi.

Suprafeţele sferice pot fi prelucrate cu uşurinţă folosindu-se dispozitive de copiat montate pe un strung. Traiectoria circulară a tăişului sculei se obţine cu ajutorul unui lanţ cinematic ce induce în mod obişnuit un mecanism melc-roată melcată (fig. 1.52, *a*). Asemenea dispozitive pot fi folosite atît pentru prelucrarea suprafeţelor sferice interioare sau exterioare, dar şi a suprafeţelor de rotaţie avînd ca generatoare un arc de cerc (cazul din figura 1.52, *b*). Mişcarea de rotaţie a melcului, în vederea obţinerii avansului circular, poate fi obţinută manual sau mecanizat, prin culegerea mişcării de la unul din organele căruciorului, aflat în mişcare de rotaţie.

În general, cu ajutorul lanţurilor cinematice de profilare pot fi obţinute suprafeţe profilate algebrice, prin construirea unor dispozitive de copiat care să conţină mecanisme, bazate pe proprietăţile acestor suprafeţe. Se pot prelucra astfel suprafeţe în formă de elipsoid, paraboloid, sferă etc.

1.2.6. Controlul suprafeţelor profilate

În cadrul operaţiei de control a suprafeţelor profilate se execută :

— măsurarea piesei în vederea determinării dimensiunilor, unghiurilor, abaterilor de formă şi de poziţie ;

— verificarea profilului suprafeţei.

Dacă măsurarea piesei nu ridică probleme deosebite, efectuîndu-se după metodele deja cunoscute, în schimb verificarea profilului constituie o operaţie mai dificilă.

Metodele aplicate pentru verificarea profilului se stabilesc în funcţie de tipul suprafeţei verticale. Dintre aceste metode, mai folosite sînt :

— *Verificarea profilului prin determinarea coordonatelor punctelor suprafeţei.* Metoda constă în determinarea, prin măsurare, a coordonatelor punctelor suprafeţei profilate, faţă de bazele de măsurare convenabil alese. Coordonatele folosite pot fi carteziene (în special pentru suprafeţele rezultate din copierea spaţială) sau polare (în cazul suprafeţelor obţinute prin copierea contururilor).

Măsurarea se face cu instrumente de măsurare obişnuite sau cu dispozitive speciale, construite în funcţie de configuraţia suprafeţei controlate.

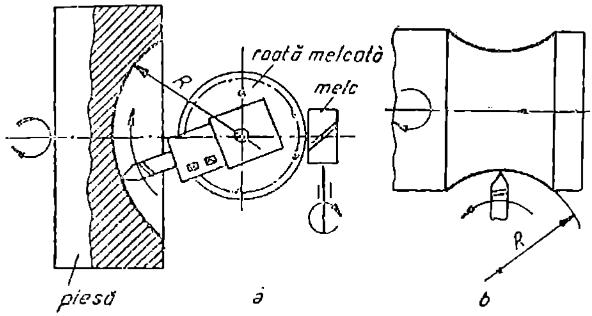


Fig. 1.52. Schema dispozitivului pentru strunjirea suprafeţelor sferice interioare.

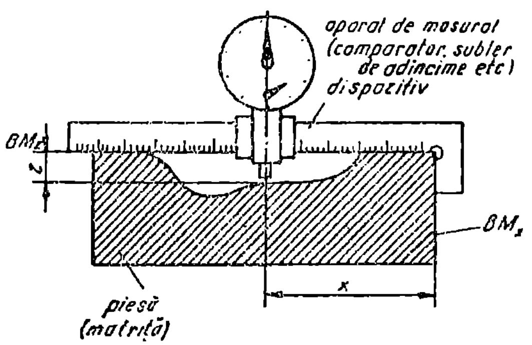


Fig. 1.53. Măsurarea coordonatelor punctelor suprafeţelor profilate.

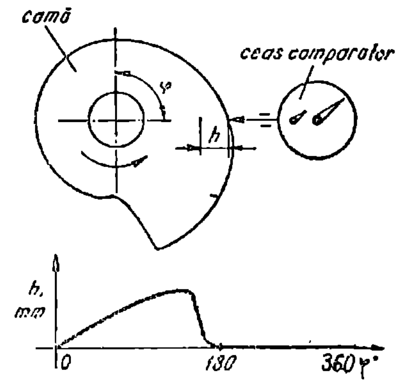


Fig. 1.54. Schema de control a suprafeţei unei came.

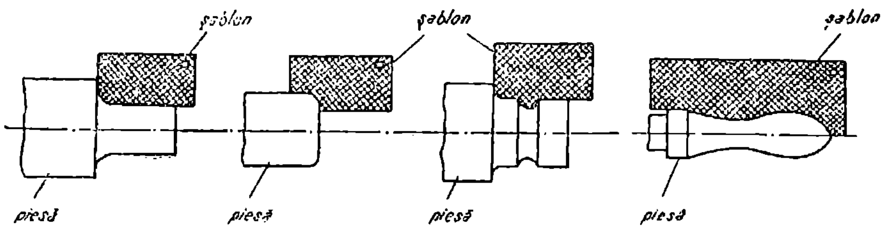


Fig. 1.55. Verificarea suprafeţelor profilate, cu ajutorul şabloanelor.

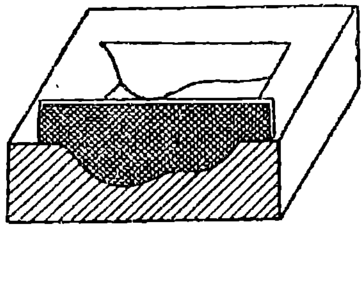


Fig. 1.56. Verificarea unei suprafeţe profilate complexe cu ajutorul şabloanelor.

De exemplu, pentru controlul cavității unei matrițe (cavitatea reprezintă suprafața profilată prin așchiere) se poate folosi dispozitivul reprezentat schematic în figura 1.53. Folosindu-se ca baze de măsurare *BM* suprafața plană superioară a matriței și una din suprafețele laterale se pot determina — pentru o anumită secțiune — coordonatele x și z în fiecare punct al profilului. Coordonatele, astfel determinate, se compară cu cele ale profilului din desenul de execuție al piesei.

În cazul unei came, schema de verificare este cea din figura 1.54. Prin măsurare, se determină valoarea cursei h, în funcție de unghiul φ, și se ridică curba $h - \varphi$ care se compară cu cea teoretică.

— *Verificarea profilului cu ajutorul șabloanelor.* Această metodă este foarte simplă și constă în aplicarea pe suprafața profilată a unui șablon avînd forma conjugată a profilului controlat. Verificarea urmărește să stabilească coincidența celor două profile — a piesei și a șablonului — coincidență care se pune în evidență cu ajutorul unor calibre de interstiții sau prin metoda fantei de lumină.

Prin această metodă se pot controla atît suprafețele profilate simple (fig. 1.55), cît și suprafețe complicate (fig. 1.56). În acest din urmă caz, profilul fiind variabil în lungul suprafeței, controlul se efectuează cu mai multe șabloane, fiecare dintre acestea corespunzînd profilului unei anumite secțiuni, denumită *secțiune de control.* Cu cît suprafața profilată este mai complicată, cu atît numărul secțiunilor de control, deci a șabloanelor necesare, trebuie să fie mai mare.

— *Verificarea cu ajutorul proiectoarelor.* Proiectoarele sînt aparate optice care proiectează conturul mărit al piesei de măsurat pe un ecran. Ele sînt folosite pentru verificarea elementelor pieselor (filete, danturi, profile, unghiuri etc.) în special a celor cu dimensiuni mici. Nu toate suprafețele profilate pot fi controlate cu ajutorul proiectorului : anumite detalii ale suprafețelor „umbrite“ de altele mai proeminente precum și multe suprafețe profilate interioare nu pot fi verificate.

Schema de principiu a unui proiector este reprezentată în figura 1.57. Lumina produsă de o sursă, amplasată în focarul unui condensator optic, trece prin acesta și, sub forma unui fascicul de raze paralele, atinge piesa

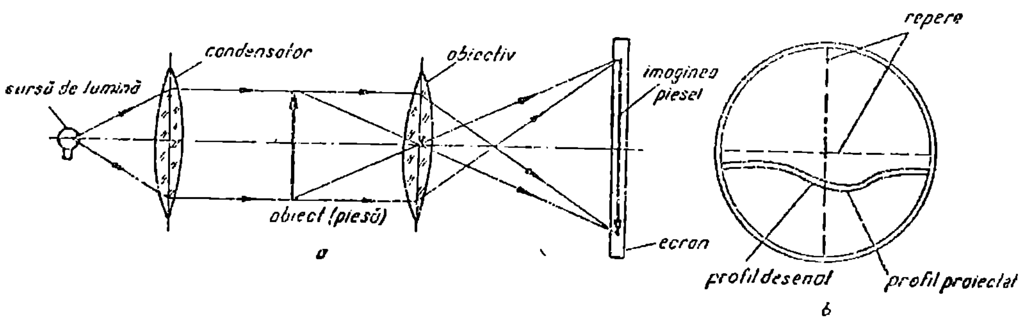


Fig. 1.57. Verificarea suprafețelor profilate cu ajutorul proiectorului : *a* — schema optică a proiectorului ; *b* — ecranul proiectorului.

de verificat, după care ajunge la un obiectiv și apoi la un ecran. Pe acesta se obține imaginea mărită, reală și răsturnată a piesei verificate.

Mărimea imaginii depinde de raportul distanțelor piesă — obiectiv, respectiv obiectiv-ecran.

În mod obişnuit proiectoarele sînt prevăzute cu patru obiective, cu mărirea de 10X ; 25X ; 50X şi 100X.

Determinările se pot face prin trei metode :

— prin măsurarea cu ajutorul unor dispozitive micrometrice, fixate la masa proiectorului pe două direcţii ;

— prin compararea conturului proiectat cu conturul desenat pe ecran la o scară corespunzătoare mărimii proiectate a piesei ;

— prin măsurarea conturului proiectat al piesei cu două contururi desenate, corespunzătoare dimensiunilor limită ale piesei.

Pentru a uşura măsurile, măsuţa are mişcare de rotaţie şi este prevăzută cu o scară de la 0 la 360° şi vernier cu precizia de citire de 3'. Pe ecran (fig. 1.57, *b*) sînt trasate două repere punctate perpendiculare care servesc ca repere de măsurare.

Există actualmente maşini-unelte pentru prelucrarea suprafeţelor profilate (de exemplu, maşini de rectificat sau de ascuţit) care sînt dotate cu proiectoare pe care se poate urmări profilul suprafeţei aflate în prelucrare.

1.2.7. Norme de tehnică a securităţii muncii la prelucrarea suprafeţelor profilate

În general, la prelucrarea suprafeţelor profilate se respectă normele generale de tehnică a securităţii muncii recomandate pentru exploatarea maşinilor-unelte. Aşadar, recomandările întîlnite la exploatarea strungurilor, maşinilor de frezat, maşinilor de rectificat şi a celorlalte categorii de maşini-unelte sînt valabile şi în cazul de faţă.

În plus, ţinînd seama de specificul maşinilor de copiat, se vor respecta următoarele reguli :

— înainte de prelucrarea propriu-zisă a pieselor, se va verifica amănunţit reglajul maşinii ; acest lucru este de asemenea obligatoriu, după orice întrerupere mai îndelungată a lucrului ;

— supravegeherea funcţionării acestor maşini va fi încredinţată personalului special instruit în acest scop ;

— la constatarea unor eventuale dereglări în funcţionarea maşinii-unelte aceasta se va opri imediat, anunţîndu-se persoana care a efectuat reglajul maşinii ; în nici un caz cel care deserveşte maşina nu va interveni pentru depistarea defectului sau pentru refacerea reglajului ;

— în unele situaţii, pornind de la faptul că unele maşini de copiat lucrează după un ciclu automat, muncitorului i se încredinţează pentru supraveghere mai multe asemenea maşini (2—3). Deşi maşinile sînt dotate cu sisteme de oprire automată, la sfîrşitul prelucrării, este necesar ca şi cel care le supraveghează să treacă periodic pe la toate aceste maşini ca să se convingă că prelucrarea continuă să decurgă normal.

Verificarea cunoştinţelor

1. După folosirea unei freze profilate la prelucrarea unui lot de piese se constată o uzură intensă pe porţiunile cu diametru mare. Care poate fi cauza :
a — folosirea unui avans prea mare ;
b — montarea greşită a frezei pe dornul portsculă ;
c — folosirea unei viteze de aşchiere prea mici ;
d — folosirea unei viteze de aşchiere prea mari.

2. O suprafaţă profilată este compusă din porţiuni curbe concave şi porţiuni plane la acelaşi nivel. Dacă prelucrarea se execută prin copiere pe o maşină de

frezat, freza nu desprinde așchii atunci cînd trece peste suprafețele plane. Cum se poate mări productivitatea muncii în cazul prelucrării acestei categorii de piese ?

3. Cunoașteți o proprietate a elipsei care ar putea să stea la baza construirii unui dispozitiv care, montat pe o mașină de frezat, i-ar permite acesteia să prelucreze piese cu contur eliptic ?

4. Din ce cauză frezele-deget cu cap rotunjit, folosite la mașinile de frezat prin copiere, nu permit regimuri de așchiere care să asigure o productivitate mare ?

2. PRELUCRAREA SUPRAFEȚELOR ELICOIDALE

2.1. SUPRAFEȚE ELICOIDALE

Suprafețele elicoidale sînt suprafețe profilate care, din punct de vedere geometric, se obțin prin deplasarea unui profil în lungul unei elice, amplasată pe o suprafață de rotație (fig. 2.1).

Prelucrarea unei suprafețe elicoidale înseamnă, în mod obișnuit, prelucrarea unui canal elicoidal, cu un anumit profil, pe o suprafață de rotație (cilindru, con, globoid).

Suprafețele elicoidale cele mai frecvente se întîlnesc la piesele filetate, ele se folosesc însă și la alte categorii de piese : roți dințate cu dinți înclinați ; freze cu dinți înclinați ; burghie elicoidale ; melci ai angrenajelor melcate etc.

Pentru definirea unei suprafețe elicoidale este necesar să se ia în considerație :
— caracteristicile suprafeței pe care este înfășurată elicea ;
— caracteristicile elicei ;
— caracteristicile profilului suprafeței elicoidale.

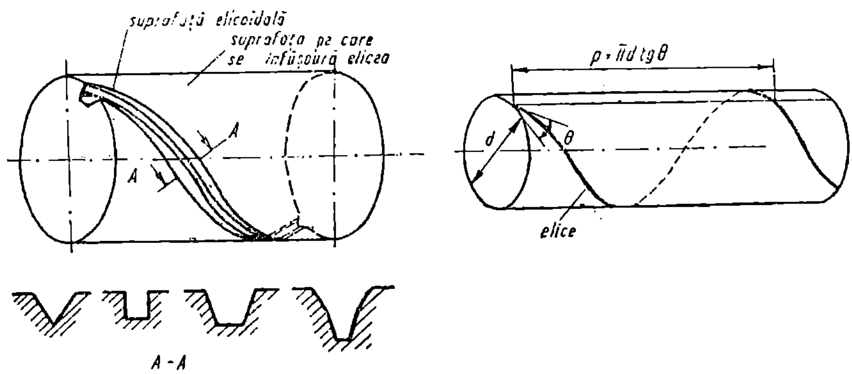
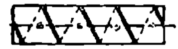
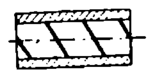
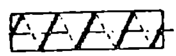
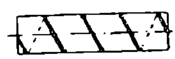
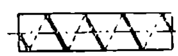
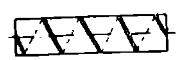
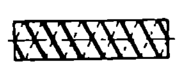


Fig. 2.1. Caracteristicile unei suprafețe elicoidale.

În felul acesta, rezultă o gamă largă de suprafețe elicoidale, a căror clasificare sumară este redată în tabelul 2.1. Dintre suprafețele enumerate, cele mai răspîndite sînt suprafețele elicoidale, cilindrice, exterioare sau interioare, înfășurate pe dreapta, cu pas constant, cu un început și profil triunghiular, ceea ce corespunde filetelor comune, folosite la organele de asamblare (șuruburi, prezoane, piulițe).

Tabelul 2.1

Suprafeţe profilate

Caracteristica	Tipul suprafeţei elicoidale	Desenul suprafeţei
Suprafaţa pe care se înfăşoară elicea	Cilindrică	
	Conică	
	Globoidală	
Amplasarea	Exterioară	
	Interioară	
Sensul de înfăşurare a elicei	Pe dreapta	
	Pe stînga	
Pasul elicei	Cu pas constant	
	Cu pas variabil	
Numărul de elice înfăşurate pe suprafaţă	Cu un început	
	Cu mai multe începuturi	

Caracteristica	Tipul suprafeței elicoidale	Desenul suprafeței
Profilul	Triunghiular	
	Triunghiular rotunjit (pentru țevi)	
	Trapezoidal	
	Ferăstrău	
	Rotund	
	Evolventic	

2.2. Metode de prelucrarea prin așchiere a filetelor

Metodele de prelucrare prin așchiere a filetelor sînt determinate în principal de precizia dimensională a filetului și de productivitatea dorită a se obține la prelucrare.

În principal, metodele de prelucrare prin așchiere a filetelor sînt determinate de tipul mașinii-unelte pe care se face prelucrarea. Astfel se cunosc metode de filetare prin strunjire, frezare și prin rectificare.

Metodele de filetare pe strung sînt caracterizate prin sculele așchietoare folosite la executarea filetului. Aceste scule sînt : filierele (pentru filetarea arborilor), tarozii (pentru filetarea alezajelor) și cuțitele (pentru filetarea arborilor și alezajelor).

Metodele de filetare cu filiera sau cu tarodul sînt folosite pe scară largă deoarece sculele utilizate sînt simple și ieftine, iar exploatarea lor ușoară, însă sînt puțin precise.

Metodele de filetare cu cuțite sînt mai productive și mai precise, însă ceva mai costisitoare.

Metodele de executare a filetului prin frezare, datorită productivității ridicate a acestui procedeu, sînt de multe ori preferate filetării pe strung sau pe alte mașini.

Precizia filetului realizat prin frezare este mai redusă decît aceea a filetului executat pe strung.

Metodele de filetare prin rectificare sînt foarte precise, costisitoare și foarte puțin productive, dar pentru anumite piese de mare precizie nu pot fi înlocuite cu nici o metodă.

2.3. Pregătirea pieselor pentru filetare

Piesele se pregătesc pentru filetare cu cuțitul prin strunjire, găurire sau alezare. În timpul așchierii la filetare, datorită deformațiilor elastice, diametrul exterior al șurubului se mărește iar diametrul interior al găurii se micșorează, lucru de care trebuie să se țină seama la prelucrare.

Dacă grupa pentru filetare este executată la un diametru prea mare față de diametrul interior al filetului, flancurile filetului nu se formează complet. La un diametru prea mic, trebuie ca tarodul să așchieze prea mult material, pentru care motiv este foarte solicitat și se poate rupe.

La rotirea tarodului în gaură materialul este refulat spre interior, astfel că diametrul găurii se micșorează. Deci gaura trebuie executată la un diametru mai mare decît diametrul interior al filetului, folosindu-se burghie cu diametrele calculate cu următoarele relații :

$$d_0 = D - 0{,}54 \cdot 2 \cdot p, \text{ pentru filete metrice ;} \quad (2.1)$$

$$d_0 = D - 0{,}65 \cdot 2 \cdot p, \text{ pentru filete în țoli;} \quad (2.2)$$

în care :

d_0 este diametrul burghiului, în mm ;

D — diametrul nominal al filetului, în mm ;

p — pasul filetului, în mm.

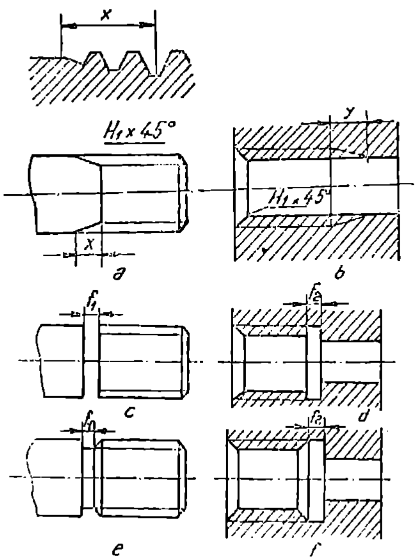


Fig. 2.2. Teșirea și degajarea pentru filetare :

a — teșire exterioară ; *b* — teșire interioară ; *c* — degajare rotundă ; *d* — degajare dreaptă ; *e*, *f* — degajare înclinată.

Pentru filetele interioare avînd diametre mari se folosesc burghie chiar la diametrul interior al filetului.

Pentru ca tarodul să așchieze bine și să se evite formarea bavurii, gaura se teșește pe ambele părți la mărimea diametrului exterior al filetului (fig. 2.2, *b*).

Înainte de filetarea exterioară, piesa se strunjește la diametrul exterior al filetului, apoi pentru începutul tăierii filetului, se execută o teșitură la 45° pînă la diametrul interior al filetului.

După executarea lungimii filetate utile, cuțitul trebuie retras din așchie. În timpul acesta, căruciorul mai avansează. În acest caz, trebuit să se mai adauge o porțiune oarecare x pentru filete exterioare (fig. 2.2, *a*) și y pen-

tru filete interioare (fig. 2.2, *b*), numită ieșirea filetului pentru scoaterea cuțitului din așchie, evitîndu-se în acest fel ruperea cuțitului.

Valoarea x este cuprinsă între 0,3 și 17 mm, iar y între 1 și 12 mm, în funcție de diametrul piesei de filetat.

Cînd filetul trebuie folosit în întregime sau cînd la capătul acestuia piesa are un prag atunci la terminarea lungimii de filetat se execută o degajare (fig. 2.2, *c*—*f*). Mărimea degajărilor f_1 și f_2 diferă de la filet la filet și de la piesă la piesă.

2.4. Filetarea cu filiera și cu tarodul pe strung

a. **Filetarea cu filiera.** La prelucrarea filetului piesa se strînge în universal, în bucșă elastică sau în dispozitiv. După strunjirea piesei la diametrul prescris și executarea unei teșituri pe fața frontală, a piesei, pentru ca filiera să pătrundă mai ușor în material, se execută manual cîteva spire prin învîrtirea portifilierei cu mîna (fig. 2.3, *a*). După aceea se pune în funcțiune strungul și se execută filetarea (fig. 2.3, *b*). Pentru retragerea filierei, se folosește mersul înapoi al universalului.

Filetarea cu filiera se execută în condiții destul de grele. De aceea, piesa trebuie răcită și unsă în mod abundent, pentru a nu se deteriora filetul piesei sau al filierei.

Filierele sînt în general de două tipuri : *fixe (rotunde)*, care se folosesc pentru filete pînă la 52 mm, și *reglabile*, care se folosesc pentru domeniul pentru care au fost construite.

Pentru a se obține o suprafață netedă, filetarea cu filiera se execută cu viteze de așchiere mici, răcirea făcîndu-se din abundență. Pentru oțel se recomandă viteza de așchiere de 3—4 m/min și răcire cu ulei cu sulf

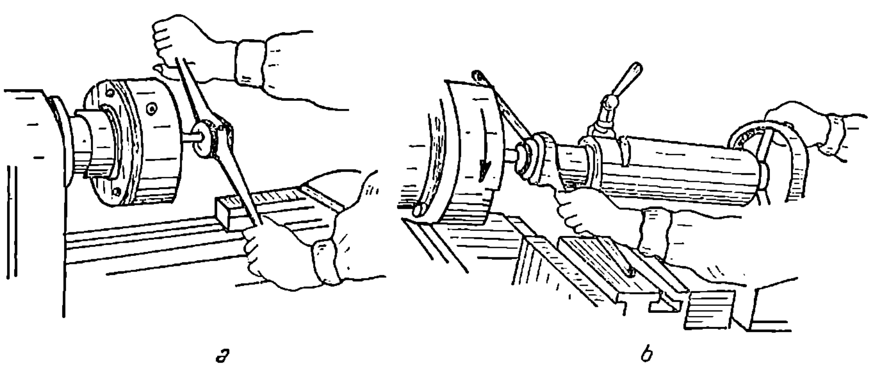


Fig. 2.3. Filetarea pe strung cu ajutorul filierei : *a* — cu mîna ; *b* — cu piesa în mișcare de rotație.

(sulfofrezol) sau ulei de in fiert ; pentru fontă se recomandă viteze de așchiere de 2,5 m/min, iar pentru alamă, de 9—15 m/min, ambele cu răcire cu petrol lampant.

b. **Filetarea cu tarodul.** Filetarea cu tarodul se execută la găurile străpunse, la găurile înfundate și la filetarea parțială a găurilor.

Piesa se strînge în universal sau în bucşă elastică, astfel încît axa ei să coincidă cu axa de rotaţie a arborelui principal. După executarea găurii cu ajutorul burghiului prescris pentru dimensiunea de filet, se execută filetarea cu tarodul, care se montează într-un antrenor (fig. 2.4).

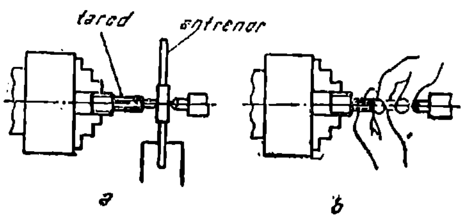


Fig. 2.4. Filetarea pe strung cu ajutorul tarodului :
a — sprijinirea antrenorului ; *b* — sprijinirea tarodului.

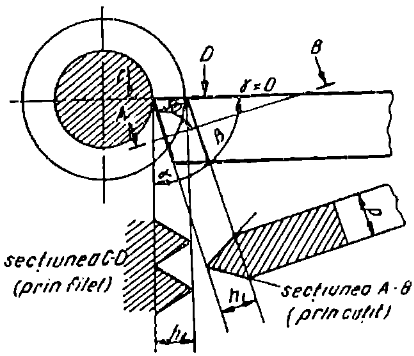


Fig. 2.5. Cuţit normal pentru filetare şi poziţia sa în timpul aşchierii.

Pentru aşchierea primelor spire ale filetului, tarodul trebuie apăsat cu atenţie şi uniform, prin intermediul pinolei păpuşii mobile, învîrtindu-se roata de mînă. Imediat ce tarodul a pătruns în piesă, deplasarea lui mai departe se realizează datorită rotirii piesei. Înainte de începerea filetării cu tarodul, trebuie curăţată gaura piesei de aşchii. Acest lucru are o importanţă foarte mare, în mod special la găurile înfundate.

Se recomandă viteze de aşchiere de 3—15 m/min şi răcirea cu ulei cu sulf, pentru piese din oţel, şi viteze de aşchiere de 6—22 m/min, cu răcire cu emulsie sau petrol lampant, pentru piese din fontă, alamă şi aluminiu.

2.5. Filetarea cu cuţite

Filetarea cu cuţite este una dintre cele mai răspîndite metode de filetare pe strung. Ea se aplică aproape în toate cazurile de filetare a pieselor mai importante ale maşinilor, care trebuie să fie precise şi de calitate. Datorită productivităţii ridicate a acestei metode s-au construit strunguri specializate pentru operaţia de filetare.

Realizarea unui filet corect cu ajutorul cuţitului pentru filetare este posibilă numai prin alegerea unui cuţit corespunzător profilului filetului de realizat. De asemenea, o importanţă deosebită trebuie acordată alegerii regimului de aşchiere, tipului de cuţit şi numărului de treceri pentru executarea filetului.

Calitatea filetării cu cuţite este determinată şi de poziţia corectă a cuţitului faţă de piesa de filetat (fig. 2.5) şi de modul de ascuţire a acestuia.

a. **Tipuri de cuţite pentru filetare.** Cuţitele pentru filetare pot fi :

— normale, în special pentru filete exterioare ;

— prismatice, aşezate tangenţial, numai pentru filete exterioare ;

— disc, circulare, pentru filete interioare şi exterioare.

Cuţitele pot avea unul sau mai multe vîrfuri (piepteni).

Cuţitul normal (fig. 2.5) are un singur vîrf, cu trei tăişuri, şi un corp dreptunghiular, fiind folosit la prelucrarea filetelor metrice, în ţoli, şi tra-

pezoidale, exterioare. Cuțitele normale pot fi prevăzute cu plăcuțe din carburi metalice. Profilul cuțitului se corectează față de profilul filetului ținîndu-se seama de unghiul de degajare principal γ, unghiul de așezare principal α și de unghiul de înclinare 0 al elicei filetului.

În scopul asigurării unei forme cît mai simple a cuțitului normal, unghiul de degajare $\gamma = 0$, adică suprafața de degajare are o poziție radială față de piesă. De asemenea, filetele metrice normale, ca și cele în țoli normale, avînd unghiul de înclinare al elicei relativ mic, pot fi prelucrate cu unghiurile de așezare secundare (laterale) egale : $\alpha_1 = \alpha_2$.

Unghiul de așezare lateral se alege între 3 și 5°, rezultînd un unghi de așezare principal (frontal) $\alpha = 10 \ldots 12°$.

Unghiul la vîrf al cuțitului ε' se calculează cu relația :

$$\boxed{\mathrm{tg}\frac{\varepsilon'}{2} = \frac{\mathrm{tg}\frac{\varepsilon}{2}}{\cos\alpha}}, \qquad (2.3)$$

unde ε este unghiul flancurilor filetului care se prelucrează.

Din această relație rezultă că unghiul la vîrf al cuțitului este mai mare decît unghiul flancurilor filetului. Din cauza deformării filetului prin așchiere, la cuțitul din oțel rapid pentru filet metric ($\varepsilon' = 60°$) se alege $\varepsilon' = 59°$, iar la cuțitul cu plăcuță din carburi metalice $\varepsilon' = 59°30'$ (mai mic cu 1°, respectiv cu 30', decît unghiul flancurilor filetului). Pentru filetul în țoli ($\varepsilon = 55°$), acest unghi este de 54°, la cuțitele din oțel rapid, și de 54°30', la cuțitele cu plăcuțe din carburi metalice.

Axa de simetrie a vîrfului cuțitului se așază perpendicular pe axa filetului de așchiat.

Nerespectarea acestei condiții duce la deplasarea flancului filetului într-o parte. În unele cazuri, mai ales la degroșarea filetului cu pas mare, cuțitul se așază intenționat înclinat. În acest caz, este necesară calibrarea filetului cu ajutorul unui cuțit profilat special.

Cuțitul prismatic (fig. 2.6, *a*) se montează într-un suport special. Acesta se utilizează la filete cu unghiuri de înclinare a elicei mici. Avantajul lui constă în folosirea mai rațională a oțelurilor, datorită măririi numărului de reascuțiri, care se efectuează numai pe suprafața de degajare.

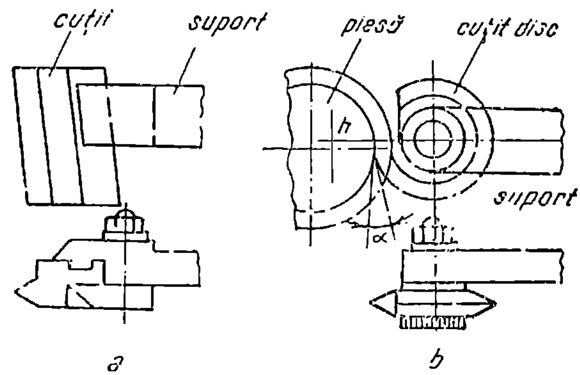


Fig. 2.6. Cuțite pentru filetare.

Unghiul de așezare se obține prin înclinarea cuțitului portcuțit și se ia de obicei de 15—20°. Pentru a se obține suprafețe foarte netede, cuțitele prismatice se fixează uneori pe suporturi elastice cu arcuri.

Cuțitul-disc (fig. 2.6, *b*) se montează pe un suport special. Prezintă avantajul unei execuții mai simple decît a cuțitului prismatic și profilul

său se poate rectifica la o mașină de rectificat filete. Pentru a se împiedica eventualele rotiri, se prevăd dinți pe una sau pe ambele fețe frontale.

Pentru a se obține unghiul de așezare α, axa cuțitului se așază mai sus decît axa piesei cu distanța h (v. fig. 1.17).

Pentru unghiul α se recomandă valori cuprinse între 10 și 12°.

La montare cuțitul-disc se așază înclinat cu un unghi egal cu unghiul de înclinare al elicei filetului de strunjit.

În majoritatea cazurilor, filetarea cu cuțitele pentru filetare este o operație neproductivă, deoarece filetul se strunjește prin mai multe treceri. De aceea, pentru a se remedia în parte acest dezavantaj, se utilizează cuțite cu mai multe vîrfuri, numite *cuțite-pieptene.*

Cuțitele-pieptene se deosebesc de cuțitele normale pentru filetat prin faptul că au pe partea așchietoare cîteva tăișuri, care formează profilul mai multor spire ale filetului. Cuțitele-pieptene pot fi plane (fig. 2.7, *a*), prismatice (fig 2.7, *b*) și disc (fig. 2.7, *c*).

Partea activă a cuțitului-pieptene constă din dinții pentru așchiere și pentru calibrare. Vîrfurile dinților pentru așchiere (de obicei 2—3) sînt retezați sub un unghi φ, astfel încît dintele următor așchiază ceva mai adînc după cea de așchiere, are de asemenea cîțiva dinți (2—3) și servesc pentru curățirea filetului.

La prelucrarea filetului cu cuțite-pieptene, datorită repartizării sarcinii între mai mulți dinți, se poate mări avansul transversal și micșora, astfel, numărul de treceri, în comparație cu cel folosit la filetarea cu cuțite. Durabilitatea cuțitelor-pieptene este mai mare decît aceea a cuțitelor normale.

Cuțitele-pieptene prismatice se fixează în suporturi speciale, care se strîng în portcuțitul strungului, astfel ca vîrful cuțitului-pieptene să se afle exact la înălțimea vîrfurilor strungului.

O folosire mult mai mare, la prelucrarea filetelor triunghiulare exterioare și interioare, au căpătat-o cuțitele pieptene-disc (fig. 2.7, c), care se execută mai ușor. Ele cuprind cîteva spire de filet. Partea activă a acestor cuțite-pieptene are cîțiva dinți pentru așchiere, retezați sub un unghi ε, și cîțiva dinți pentru calibrare.

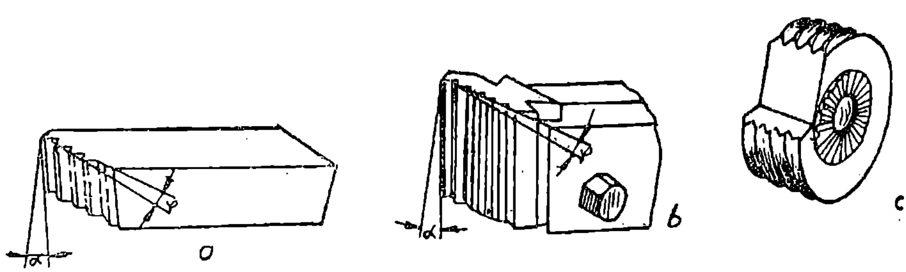


Fig. 2.7. Cuțite-pieptene.

La prelucrarea filetului exterior, sensul filetului la un cuțit pieptene-disc trebuie să fie invers celui de pe piesă, adică, pentru a se prelucra un filet pe dreapta trebuie să se folosească cuțitul pieptene cu filet pe stînga. La prelucrarea filetului interior, sensul filetului la un cuțit pieptene-disc trebuie să coincidă cu sensul filetului piesei; astfel, pentru executarea filetului pe dreapta, cuțitul pieptene-disc trebuie să aibă de asemenea filet pe dreapta.

b. **Fixarea și reglarea cuțitelor pentru filetare.** La așezarea cuțitului pentru filetare față de piesa care se filetează, se impune ca vîrful acestuia să fie conținut în planul orizontal, care trece prin axa piesei ; aceasta înseamnă că vîrful cuțitului trebuie să se afle exact la înălțimea vîrfurilor strungului.

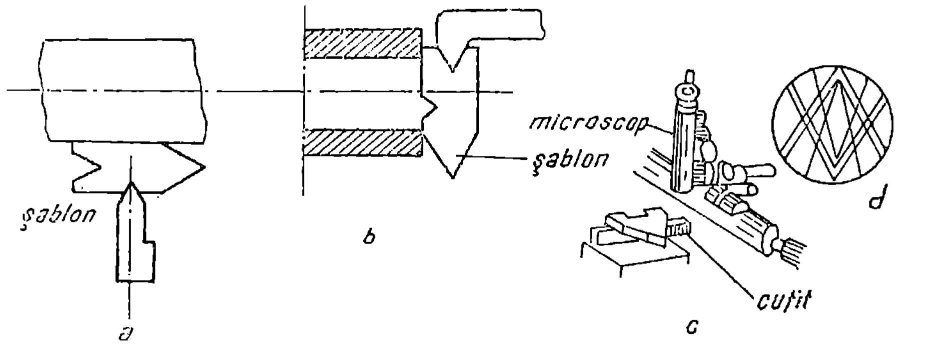


Fig. 2.8. Așezarea cuțitului pentru filetare :
a — exterioară ; *b* — interioară, cu ajutorul șablonului ; *c* — exterioară, cu ajutorul microscopului ; *d* — reticulul microscopului.

Cuțitul se așază corect pentru filetarea exterioară și interioară cu ajutorul unui șablon (fig. 2.8, *a* și *b*).

O așezare foarte precisă a cuțitului pentru filetare se poate realiza cu ajutorul microscopului pentru strung (fig. 2.8, c). Cuțitul pentru filetat se reglează privind în ocularul microscopului suprapunerea imaginii cuțitului peste desenul corespunzător de pe reticul (fig. 2.8, *d*).

În practică, se mai folosește o metodă pentru reglarea cuțitului, metodă care este destul de rapidă, dar care nu asigură o precizie deosebită, fiind influențată în mare măsură de îndemînarea și calificarea strungarului. Principiul acestei metode (fig. 2.9) constă din următoarele : se rotește placa rotitoare a saniei longitudinale în sens contrar acelor de ceasornic cu un unghi $\varepsilon/2$ corespunzător unghiului filetului. Cuțitul pentru filetare se așază în suportul portsculă, se apropie muchia de așchiere din stînga de suprafața frontală a piesei de filetat și se verifică ca între cuțit și piesă să nu apară o fantă de lumină. După terminarea operației de reglare, cuțitul se fixează în portsculă. Prin rotirea plăcii rotitoare în sensul acelor de ceasornic pînă la suprapunerea reperului zero de pe aceasta cu reperul zero de pe sania transversală se obține o așezare corespunzătoare a cuțitului pentru filetare.

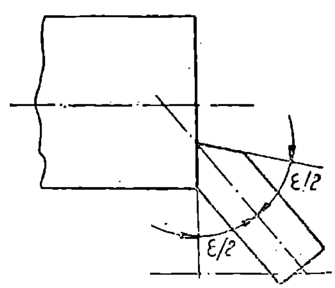


Fig. 2.9. Metodă pentru reglarea rapidă a cuțitului pentru filetat.

c. **Lanțul cinematic de filetare.** Pentru obținerea unui canal elicoidal pe suprafața unei piese cilindrice sînt necesare două mișcări : una de rotație a piesei și cealaltă, de translație, a cuțitului. Pentru ca elicea astfel generată să aibă pas constant, trebuie ca între cele două mișcări să existe o coordonare strictă, deci cele două elemente — piesa și scula — să fie legate între ele cinematic.

Cu alte cuvinte, între arborele principal pe care este prinsă piesa şi sania pe care este fixat cuţitul trebuie să existe o legătură cinematică (fig. 2.10).

Pentru a se obţine filete cu pas diferit, lanţul cinematic pentru filetare trebuie să conţină un mecanism de reglare. Acest mecanism, la un strung

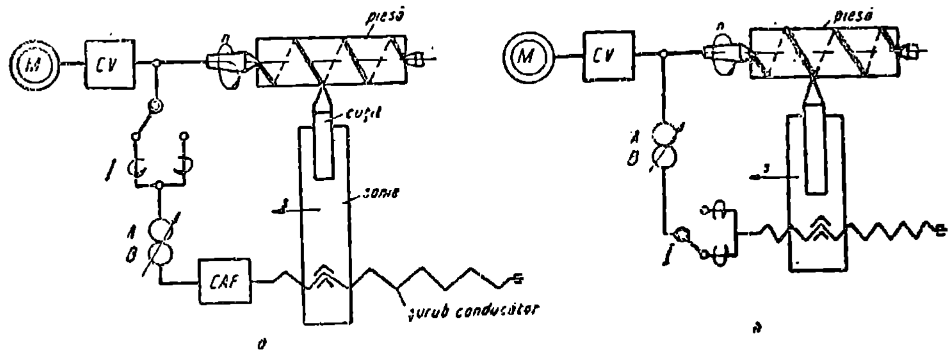


Fig. 2.10. Lanţul cinematic de filetare :
a — la un strung normal ; *b* — la un strung de filetat.

normal, este alcătuit din cutia de avansuri şi filete *CAF*, căreia i se adaugă roţile de schimb *A/B*, necesar obţinerii unor filete nerealizabile doar cu cutia de avansuri şi filete. La un strung de filetat, mecanismul de reglare este alcătuit din roţile de schimb *A/B*.

Pentru executarea unor filete pe dreapta sau pe stînga, este necesară existenţa unui inversor de sens *I*, montat în lanţul cinematic.

d. **Metode folosite pentru readucerea cuţitului în poziţia de pornire.** Filetarea unei piese cu cuţitul pentru filetat nu se poate realiza, în cazul metodelor obişnuite, printr-o singură trecere a cuţitului. De obicei se filetează în mai multe treceri, care sînt determinate în principal de pasul filetului, diametrul filetului şi material.

După terminarea unei treceri cuţitul trebuie retras repede, pentru a nu se deteriora suprafaţa care urmează după filet. Apoi, cuţitul trebuie readus în poziţia iniţială astfel încît la trecerea următoare, el să ajungă în golul filetului. Există cîteva metode pentru executarea acestei operaţii :

— prima metodă constă în aceea că, după fiecare cursă activă, cuţitul se retrage din semifabricat în sens radial, se cuplează cursa inversă a căruciorului, se aduce mecanic cuţitul în poziţia iniţială, se fixează pentru adîncimea corespunzătoare şi se execută o nouă trecere (fig. 2.11). Metoda asigură intrarea exactă a cuţitului în canelură, însă nu este productivă, deoarece pentru cursa inversă se consumă tot atît timp cît pentru cursa de lucru ;

— la a doua metodă, după fiecare cursă, se decuplează piuliţa şurubului conducător, se retrage şi se readuce rapid, manual cuţitul în poziţia iniţială şi se cuplează apoi pentru o nouă trecere (fig. 2.12). Metoda este productivă, însă se poate aplica numai la *filete cu soţ*. Sub denumirea de filete cu soţ sînt cunoscute filetele la care raportul dintre pasul filetului de sprijin şi pasul şurubului conducător este un număr întreg, în caz contrar filetul numindu-se fără soţ ;

— la a treia metodă se utilizează un dispozitiv (fig. 2.13), denumit *indicator pentru filet*, compus din roata melcată *1*, care angrenează permanent cu șurubul conducător *2*. Pe același ax al roții *1* se montează un cadru divizat *3*, care se rotește față de reper fix *4*, însemnat pe corpul indicatorului.

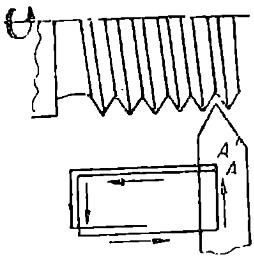


Fig. 2.11. Readucerea cuțitului în poziția inițială, fără decuplarea piuliței de pe șurubul conducător : *A* — poziția la prima trecere ; *A'* — poziția la a doua trecere.

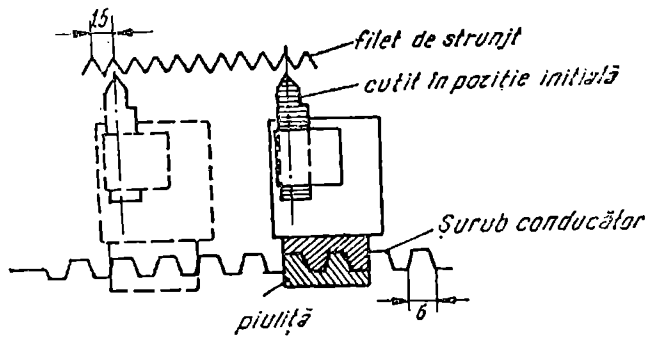


Fig. 2.12. Readucerea normală a cuțitului în poziție inițială la filete cu soț.

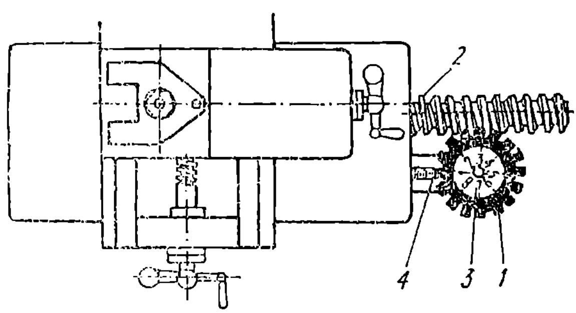


Fig. 2.13. Readucerea mecanică a cuțitului în poziția inițială, cu indicatorul pentru filet.

La strunjirea filetului cu soț, pentru cursa de lucru, piulița șurubului conducător se cuplează atunci cînd o diviziune de pe cadran coincide cu reperul fix.

În cazul filetului fără soț se cuplează numai atunci cînd, în dreptul reperului fix, se află acea diviziune a cadranului care a fost și la prima trecere a cuțitului. Toate aceste metode nu corespund metodelor de filetare rapidă, deoarece, în aceste cazuri, muncitorul nu mai are timp suficient pentru retragerea cuțitului, la terminarea trecerii de lucru, din care cauză cuțitul se deteriorează. De aceea, în aceste cazuri, se folosesc dispozitivele automate, care asigură ciclul automat al operației, ce cuprinde cursa longitudinală activă, retragerea în sens radial la sfîrșitul cursei active, cursa inversă cu viteză mărită și fixarea la adîncimea de așchiere pentru trecerea următoare.

e. **Executarea filetelor cu profil triunghiular.** Procesul de strunjire propriu-zis a filetului triunghiular se poate realiza prin trei metode de filetare cu cuțitul :

— la prima metodă, după fiecare trecere, cuțitul este deplasat perpendicular pe axa filetului în sensul săgeții S_1 (fig. 2.14, *a*), cu adîncimea de așchiere de 0,02—0,015 mm, uniformă și descrescîndă ;

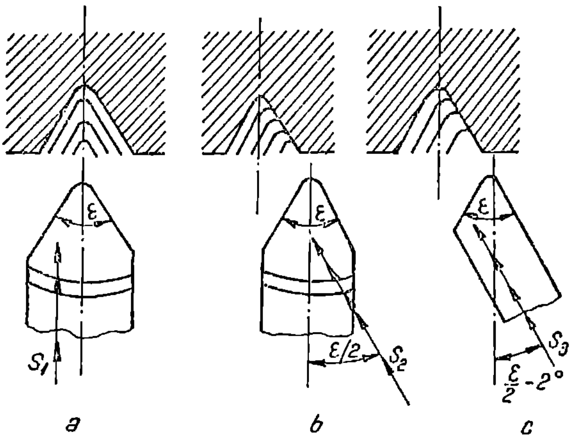


Fig. 2.14. Metodele de filetare cu cuțitul :

a — cu deplasarea transversală a cuțitului ; *b* — cu sania portcuțit rotită la ε/2 ; *c* — cu sania portcuțit rotită la ε/2—2°.

— la a doua metodă axa cuțitului este tot perpendiculară pe axa filetului, însă sania portcuțit se rotește cu unghiul ε/2, astfel încît cuțitul se deplasează paralel cu flancul drept al filetului cu adîncimea de așchiere cuprinsă între 0,1 și 0,7 mm, uniformă sau descrescîndă, după direcția săgeții S_2 (fig. 2.14, *b*), din care cauză așchierea este executată de către tăișul din stînga ;

— metoda a treia (fig. 2.14, *c*) este identică cu metoda a doua, însă unghiul de rotire a saniei portcuțit este ε/2—2.

Prima metodă asigură o netezime bună a ambelor flancuri ale filetului și se aplică pentru finisarea în general și pentru degroșarea și finisarea filetelor cu pas mic ($p<2$ mm).

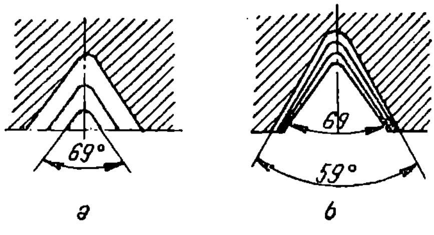


Fig. 2.15. Filetarea cu cuțitul :

a — de degroșare ; *b* — de finisare pentru filete cu $p > 2$ mm.

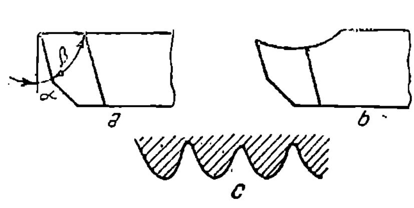


Fig. 2.16. Cuțite normale pentru filetat :

a — formă corectă ; *b* — formă greșită ; *c* — filet deformat, obținut cu cuțitul de la poziția *b*.

Metodele a doua și a treia asigură o suprafață netedă numai pentru flancul din stînga, cel din dreapta rămînînd rugos. De aceea aceste metode se aplică numai la degroșare, urmînd ca finisarea să se execute după prima metodă.

Filetele cu $p<2$ mm se execută cu un singur cuțit. Pentru filetele cu $p>2$ mm se folosește un cuțit pentru degroșare și altul pentru finisare. În acest caz, cea mai mare parte a prelucrării se execută cu cuțitul de degroșare, în cîteva treceri (fig. 2.15, *a*), iar cu cuțitul pentru finisare se execută numai o calibrare, îndepărtîndu-se o așchie cu secțiune mică (fig. 2.15, *b*).

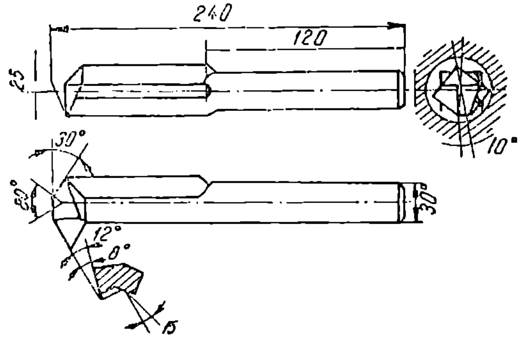


Fig. 2.17. Cuțit de tip special pentru filetare interioară.

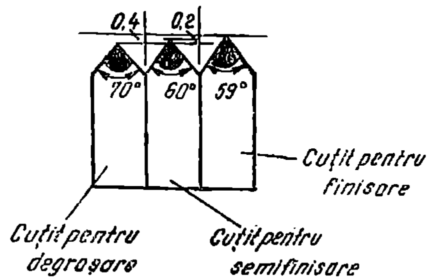


Fig. 2.18. Set de trei cuțite pentru executarea simultană a filetului.

La cuțitele normale, pentru filetare unghiul de degajare principal se recomandă să fie de 0°, iar unghiul de așezare principal α, de 10—15° (fig. 2.16, *a*).

Dacă se folosesc cuțite cu suprafața de degajare concavă (fig. 2.16, *b*), la filetare se obțin flancurile filetului deformate (fig. 2.16, c) ; de aceea pentru filetare nu se recomandă folosirea acestei forme de cuțit.

La strunjirea filetului interior, cuțitul prezintă o rigiditate scăzută, astfel încît se recomandă folosirea unor cuțite speciale (fig. 2.17).

Pentru filetarea dintr-o singură trecere se pot folosi în același timp trei cuțite prevăzute cu plăcuțe din carburi metalice (fig. 2.18), acestea constituind un fel de cuțit-pieptene pentru filetat, la care cuțitul pentru degroșare are unghiul la vîrf de 70°, cuțitul pentru semifinisare de 60° și cuțitul pentru finisare de 59°.

La executarea filetului triunghiular cu cuțite din oțel rapid, viteza de așchiere se alege între 6 și 40 m/min la degroșare și între 20 și 70 m/min la finisare, vitezele de așchiere mai mici fiind utilizate la filetarea pieselor din fontă cenușie, cele mijlocii la filetarea pieselor din oțel, iar cele mai mari, la filetarea pieselor din bronz. Numărul de treceri se alege între 4 și 10 la degroșarea filetului pieselor din oțel și între 3 și 8 la degroșarea pieselor din fontă cenușie și bronz. La finisare, numărul trecerilor reprezintă 50—100% din numărul trecerilor de degroșare, în funcție de precizia cerută filetului.

La filetarea interioară viteza de așchiere se ia, aproximativ, cu 20% mai mică decît la filetarea exterioară, iar numărul de treceri se mărește proporțional.

Folosindu-se la filetare cuțite cu plăcuțe din carburi metalice, s-a reușit să se ridice simțitor productivitatea, mărindu-se viteza de așchiere și micșorîndu-se numărul de treceri. Totodată, folosindu-se pentru filetare atît cursa normală cît și cea de întoarcere, precum și întreruptoarele automate de capăt de cursă, productivitatea muncii crește și mai mult.

În aceste condiții, prelucrarea filetului metric cu pasul de 2 mm se poate executa în două-trei treceri de degroșare și una de finisare cu o viteză de așchiere de 107—187 m/min. De asemenea, filetele cu pasul mai mare de 2 mm se pot executa cu două cuțite (pentru degroșare și pentru finisare) în mai multe treceri. În acest caz, la trecerile de degroșare se

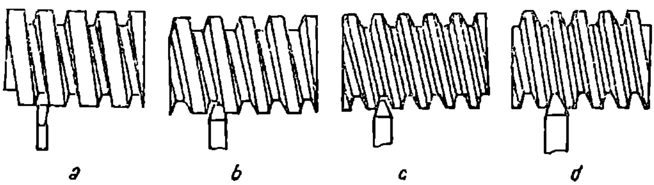


Fig. 2.19. Fazele de execuție ale filetului trapezoidal :

a — prelucrarea golului filetului ; *b* — prelucrarea flancului drept al filetului ; *c* — prelucrarea flancului stîng al filetului ; *d* — finisarea profilului filetului.

poate folosi o adîncime de așchiere de 0,5—0,6 mm, la prima trecere de finisare, aproximativ 0,3 mm, iar la a doua trecere 0,15—0,20 mm.

f. **Executarea filetelor cu profil trapezoidal.** Filetul trapezoidal, avînd un unghi mare de înclinare a elicei, se execută cu cuțite cu suprafețe de așezare laterale înclinate spre interior, ca și la filetul triunghiular.

În funcție de dimensiunile, precizia și calitatea suprafeței, filetul trapezoidal poate fi prelucrat cu unul, cu două sau trei cuțite. Filetul cu pas mic și neprecis poate fi executat cu un singur cuțit, cu profilul părții așchietoare corespunzătoare profilului filetului. Filetul cu pas mare și precis se execută cu două sau cu trei cuțite. Mai întîi se degroșează filetul pe toată adîncimea lui cu un cuțit pentru canelat, avînd lățimea, egală cu lățimea golului, la diametrul interior (fig. 2.19, *a*). După aceea, cu ajutorul unui cuțit trapezoidal, avînd tăișul ceva mai îngust decît lățimea profilului filetului ce se execută, se prelucrează mai întîi flancul drept (fig. 2.19, *b*), apoi flancul stîng (fig. 2.19, *c*) al filetului. Finisarea profilului se execută cu un cuțit trapezoidal normal (fig. 2.17, *d*) adică cu un cuțit al cărui profil corespunde exact cu profilul filetului.

Pentru accelerarea filetării arborilor lungi se folosește și cursa de întoarcere a căruciorului. În acest scop, se fixează pe partea posterioară a saniei transversale un portcuțit suplimentar, iar al doilea se așază în portcuțit răsturnat (cu suprafața de degajare în jos). Prin această metodă se reduce timpul de prelucrare aproape la jumătate.

g. **Executarea filetelor cu profil dreptunghiular.** Șuruburile care transmit mișcarea sînt prevăzute uneori cu filet dreptunghiular, care poate avea unul sau mai multe începuturi. Unghiul de înclinare al elicei O (fig. 2.20) este de obicei mult mai mare la filetul dreptunghiular decît la cel triunghiular. Acest lucru face ca executarea filetului dreptunghiular să prezinte multe dificultăți.

În figura 2.21 este reprezentat un cuțit pentru prelucrarea filetului dreptunghiular. Unghiul de degajare a cuțitului trebuie să fie egal cu zero, iar unghiul de așezare principal $\alpha = 6 \ldots 8^\circ$. Suprafețele laterale ale cuțitului trebuie să fie degajate (înclinate cu α_1 și α_2) în așa fel încît să nu frece pe flancurile filetului, unghiurile de așezare secundare α_1 și α_2 fiind calculate cu relațiile :

$$\alpha_1 = \alpha + \alpha_x \text{ și } \alpha_2 = \alpha - \alpha_y,$$

unde α și α_y sînt valori unghiulare care depind de ε.

Există două metode de așezare a cuțitului pentru executarea filetului dreptunghiular.

Metoda I. Tăișul principal *AB* al cuțitului poate fi așezat paralel cu axa piesei (v. fig. 2.20, stînga), exact pe linia vîrfurilor strungului. În acest

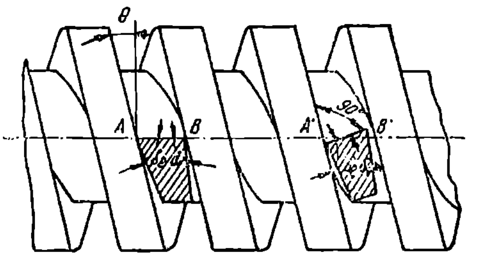


Fig. 2.20. Așezarea cuțitului la executarea filetului dreptunghiular.

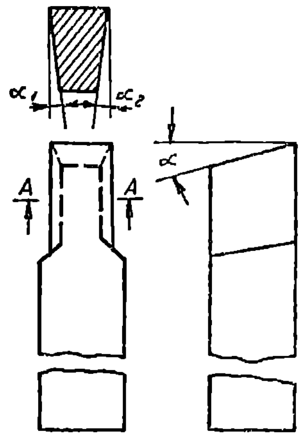


Fig. 2.21. Cuțit pentru prelucrarea filetului dreptunghiular.

caz, profilul obținut al filetului va coincide exact cu forma tăișului cuțitului și șurubul va căpăta o formă corectă. Totuși, unghiurile de așchiere nu vor fi aceleași la cele două tăișuri laterale. La tăișul din dreapta, unghiul de așchiere δ_1 va fi obtuz și cuțitul va răzui metalul în acest loc. La tăișul din stînga, condițiile de așchiere sînt mai bune, deoarece unghiul de așchiere δ_2 este mult mai mic ; în schimb, acest tăiș este slăbit și se va toci repede.

Metoda a II-a. Tăișul principal *A'B'* poate fi așezat perpendicular pe flancul filetului (v. fig. 2.20, dreapta). În acest caz, cele două tăișuri laterale vor lucra la fel de bine, însă profilul filetului nu va coincide exact cu profilul cuțitului ; fundul canalului nu va fi plan, ci convex. Din această cauză, o astfel de așezare a cuțitului se utilizează de obicei, pentru filetarea de degroșare. La trecerile de finisare, cuțitul trebuie așezat așa cum se arată în figura 2.20, stînga.

Filetul dreptunghiular se execută fie cu un singur cuțit, ascuțit pe întreaga lățime a golului filetului, fie cu două sau cu trei cuțite. Filetele cu pas mic și de precizie mică pot fi executate cu un singur cuțit care are lățimea tăișului egală cu lățimea golului filetului. Filetele cu pas mare (mai mare decît 4 mm) și de precizie se execută cu două cuțite, degroșîndu-se la început cu un cuțit pentru degroșare, cu lățimea egală cu 3/4 din lățimea golului filetului, după care se finisează cu un cuțit pentru finisare, avînd lățimea egală cu lățimea golului.

Se poate proceda și astfel : se degroșează filetul cu același cuțit pentru degroșare, ca în cazul precedent și apoi se finisează fiecare flanc în parte cu un cuțit pentru canelat. Prin această metodă de execuție cu trei cuțite se obține un filet mai precis și cu suprafața mai netedă.

Filetele cu profilul pătrat se execută în aceleași condiții ca și filetele cu profil dreptunghiular.

h. **Executarea filetelor modul, diametral și circular Pitch.** Filetul modul are unghiul α al flancurilor de 20°. O secțiune prin axa sa reprezintă un profil de cremalieră de referință standardizată.

Acest filet este utilizat la executarea șuruburilor fără fine (melc).

Ca orice șurub, și șurubul melc poate avea mai multe începuturi : două sau trei, iar în cazuri cu totul excepționale, patru sau cinci ; de asemenea, filetul poate fi pe stînga sau pe dreapta.

Înălțimea filetului este egală cu înălțimea dintelui roții melcate cu care angrenează

$$h = a + b = m + 1{,}25 \cdot m = 2{,}25 \cdot m,$$

în care :

m este modulul roții melcate ;
$a = m$ — înălțimea vîrfului dintelui ;
$b = a + c$ — înălțimea bazei dintelui ;
$c = 0{,}25 \cdot m$ — jocul la fund.

Fundul filetului se rotunjește cu $r \leqslant 0{,}38 \cdot m$.

Pasul melcului este caracterizat prin pasul dinților și prin pasul elicei. La un melc cu trei începuturi, pasul dinților p este distanța dintre două vîrfuri alăturate, iar pasul elicei p este distanța dintre două vîrfuri ale aceleiași spire. Notîndu-se cu e numărul de începuturi, pasul elicei melcului se calculează în general cu relația

$$p_e = e \cdot p.$$

Dar pasul dinților în funcție de modul este $p = \pi \cdot m$, deci :

$$p_e = \pi \cdot e \cdot m.$$

Înclinarea θ a elicei melcului se calculează cu relația din figura 2.1 în care d este înlocuit cu diametrul de divizare al melcului

$$d_d = \frac{D_d}{z},$$

iar p este înlocuit cu p_e

$$\boxed{\operatorname{tg}\theta = \frac{p_e}{\pi \cdot d_d} = \frac{\pi e m}{\pi \cdot \frac{D_d}{z}} = \frac{emz}{D_d}},$$

în care :

D_d este diametrul de divizare al roții melcate ;
z — numărul de dinți ai roții melcate ;
e și m au semnificațiile anterioare.

Dacă pasul melcului se măsoară în țoli, atunci acesta poartă denumirea de Circular Pitch, notat cu CP, iar în locul modulului se folosește denumirea de Diametral Pitch, notat cu DP. Între modul, Circular Pitch și Diametral Pitch există relațiile

$$\boxed{DP = \frac{\pi}{CP} = \frac{25{,}4}{m}}, \qquad (2.5)$$

în care m este dat în mm, CP în țoli și DP în număr de dinți/țol, pentru roți dințate și în număr de pași/țol peste șuruburi melc.

Cel mai răspîndit procedeu de executare a filetelor modul (melcul) este strunjirea, îndeosebi în cazul producției de serie mică sau de unicate. După felul așezării tăișului cuțitului se deosebesc patru metode de prelucrare.

Metoda întîi. Strunjirea filetului cu profilul cuțitului așezat într-un plan ce trece prin axa melcului (fig. 2.22, *a*). Filetul strunjit prin această

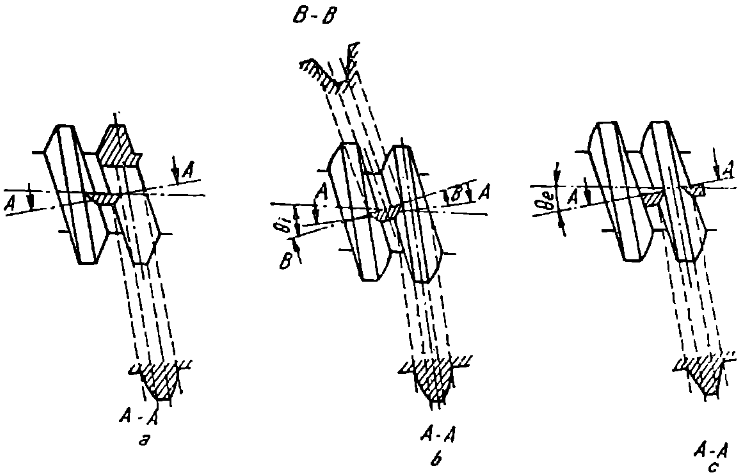


Fig. 2.22. Metode de strunjire a filetului melcului.

metodă are flancurile drepte în secțiune axială, adică forma unei cremaliere cu dinți drepți. Făcîndu-se o secțiune cu un plan perpendicular pe spira cilindrului exterior al melcului, adică în secțiunea *A—A*, se constată că flancul filetului este curb.

Din cauza dificultăților tehnologice care apar la strunjirea melcilor cu unghiul mare de înclinare al spirei, această metodă se aplică la prelucrarea melcilor cu un singur început, cu unghiul de înclinare al spirei mai mic de 6°.

Metoda a doua. Strunjirea filetului cu profilul cuțitului așezat înclinat cu unghiul θ_i (fig. 2.22, *b*). De aici rezultă că cremaliera, obținută în secțiunea cu plan axial al melcului, nu mai are flancurile drepte, ci curbe. Flancul filetului în secțiunea *B—B*, perpendicular pe spira dintelui pe cilindrul de fund, va fi drept. Făcîndu-se însă o secțiune într-un plan *A—A*, perpendicular pe spira dintelui pe cilindrul exterior al melcului, se obțin flancuri curbe.

Această metodă de strunjire a melcului evită dezavantajul tehnologic care apare la prelucrarea melcilor prin metoda întîi atunci cînd unghiul de înclinare al spirei trece de 6°, la melci cu mai multe începuturi.

Metoda a treia. Strunjirea filetului cu un cuțit dublu, așezat într-un plan perpendicular pe spira dintelui, pe cilindrul exterior al melcului, profilul cuțitului este așezat de asemenea înclinat față de axa melcului, cu unghiul θ_e (fig. 2.22, c). În acest caz, cremaliera obținută în secțiunea cu un plan axial va avea flancurile curbe.

Flancurile filetului în secțiunea perpendiculară pe axa melcului vor fi evolvente alungite. În secțiunea cu un plan *A—A*, perpendicular pe direcția spirei filetului pe cilindrul exterior al melcului, adică prin planul filetului, flancurile vor fi însă drepte.

Metoda a patra. Strunjirea filetului cu profilul cuțitului așezat în planul tangent la cilindrul de bază (fig. 2.23), a cărui rază r_0 se calculează cu relația :

$$\boxed{r_0 = \frac{P}{\pi \operatorname{tg} \theta}},$$

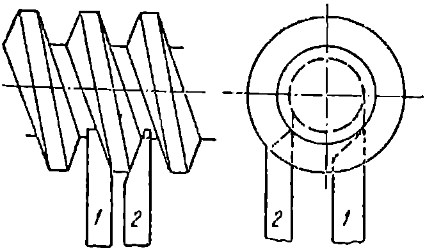


Fig. 2.23. Metoda a patra de strunjire a filetului melcului : 1, 2 — cuțite.

în care :

P este pasul melcului ;

θ — unghiul elicei pe cilindrul de bază.

În acest caz, cremaliera se prezintă cu flancuri curbe, într-o secțiune perpendiculară pe spira filetului de pe cilindrul exterior și cu flancuri în evolventă într-o secțiune perpendiculară pe axa melcului.

Metodele a doua și a patra se pot folosi la degroșarea filetului melcului, în timp ce la finisare se vor folosi numai două, și anume : metoda întîi și a treia, prin care profilul filetului apare cu flancuri drepte într-o secțiune perpendiculară pe spira cilindrului exterior.

i. **Executarea filetelor conice.** Filetul conic este filetul a cărui spiră este înfășurată pe un trunchi de con. El poate fi executat în două variante : cu bisectoarea unghiului flancurilor perpendiculare pe axa conului (fig. 2.24, *a*) și cu bisectoarea unghiului flancurilor perpendiculară pe generatoarea conului (fig. 2.24, *b*).

Filetul conic în țoli (briggs) este standardizat prin STAS 6423-61, pentru țevi și burlane din industria petrolieră. Filetele standardizate în țara noastră se execută cu bisectoarea unghiului flancurilor perpendiculară pe axa conului.

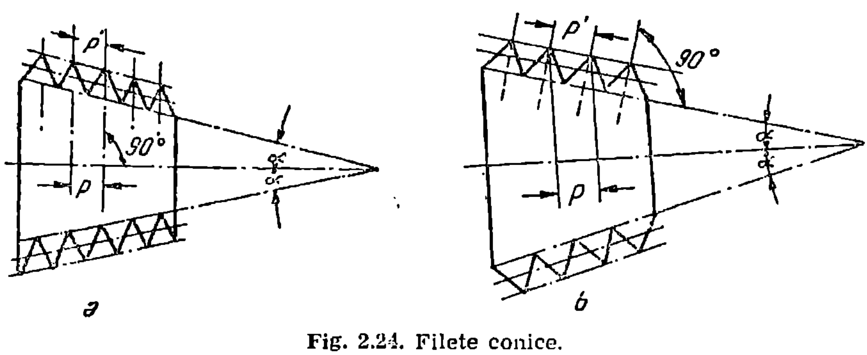


Fig. 2.24. Filete conice.

Între pasul p, măsurat după direcția axei, și pasul p', măsurat pe generatoare, există relația :

$$p' = p/\cos\alpha \text{ sau } p = p' \cos\alpha,$$

α fiind unghiul de înclinare a conului.

Filetele conice, atît cele cu bisectoarea unghiului flancurilor perpendiculară pe axa conului cît și cele cu bisectoarea unghiului flancurilor per-

pendiculară pe generatoarea conului, se execută folosindu-se mişcarea automată a căruciorului. Filetarea conică se poate realiza prin deplasarea transversală a păpuşii mobile sau folosindu-se dispozitivul pentru strunjit conic.

Filetarea conică prin deplasarea transversală a păpuşii mobile este folosită în special pentru filete conice exterioare. Piesa de filetat conic se prinde între vîrfuri. Filetarea prin această metodă este asemănătoare strunjirii suprafeţelor conice, prin deplasarea transversală a păpuşii mobile.

Filetarea conică folosindu-se dispozitivul pentru strunjit conic este mult mai precisă, obţinîndu-se filete conice corecte. Această metodă este folosită atît pentru filete conice exterioare cît şi pentru filete conice interioare.

La filetarea cu ajutorul dispozitivului pentru strunjit conic (fig. 2.25), rigla *1* se reglează la unghiul de înclinare α al conului, iar cuţitul *4* se aşază perpendicular fie pe axa piesei *2*, fie pe generatoarea conului, după tipul de filet conic ce se execută. Sania transversală *3*, decuplată de şurub, primeşte mişcarea de la rigla *1*, iar căruciorul mişcarea longitudinală de la şurubul conducător *5*.

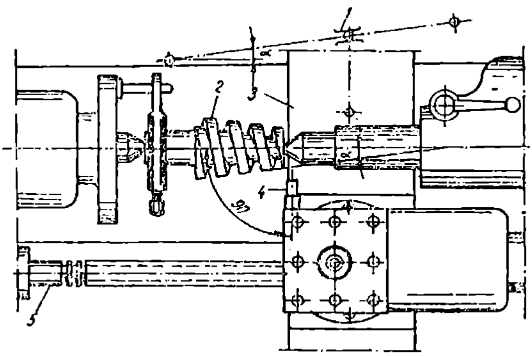


Fig. 2.25. Filetarea conică cu dispozitiv pentru strunjit conic.

j. **Executarea filetelor cu mai multe începuturi.** Filetul cu mai multe începuturi se caracterizează prin faptul că de la baza cilindrului pornesc mai multe spire identice, echidistante. Şurubul cu mai multe începuturi permite să se obţină o strîngere rapidă, asigurînd o mare rezistenţă mecanică a îmbinării.

Executarea filetului cu mai multe începuturi, de orice profil, se începe la fel ca şi executarea unui filet cu un singur început, avînd pasul respectiv. După ce s-a executat un canal elicoidal cu întregul profil, se roteşte piesa, şurubul conducător fiind nemişcat, cu o fracţiune de rotaţie corespunzătoare cu numărul de începuturi ale filetului, adică, la un filet cu două începuturi, 1/2 rot., la un filet cu trei începuturi, 1/3 rot. etc.

Împărţirea circumferinţei piesei la numărul de începuturi se poate realiza prin trei metode diferite : cu ajutorul roţilor pentru schimb, prin folosirea unei flanşe de antrenare cu diviziuni şi prin deplasarea longitudinală a cuţitului.

Împărţirea cu ajutorul roţilor de schimb. După executarea primului canal elicoidal al filetului, începînd de la punctul de angrenare, se trasează cu creta la distanţe egale pe periferia primei roţi conducătoare de schimb (v. fig. 2.10), atîtea repere cîte începuturi are filetul. Pe roata condusă se trasează un reper în prelungirea primului reper de pe roata condusă.

De exemplu, pentru executarea unui filet cu trei începuturi (fig. 2.26) se trasează pe roata z_1 trei repere (*1*, *2* și *3*) la distanța de 1/3 din lungimea cercului exterior, începîndu-se cu punctul de angrenare *1*, iar pe roata z_2 se trasează un reper *4* în prelungirea reperului *1*.

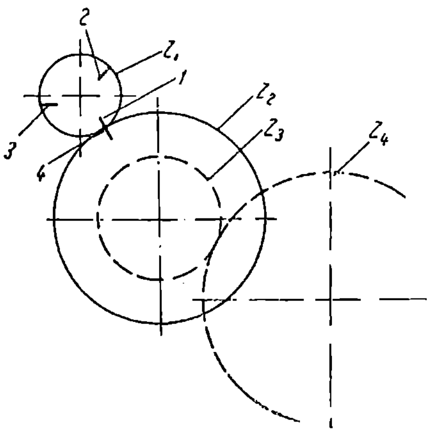


Fig. 2.26. Schema executării filetului cu trei începuturi utilizîndu-se roțile de schimb.

Pentru executarea celui de-al doilea și al treilea canal elicoidal se scoate prima roată conducătoare de schimb de pe arborele ei și se rotește arborele principal pînă cînd, la montarea roții z_1, dintele pe care se află reperul *2*, respectiv *3*, coincide cu reperul *4* (roțile z_2, z_3 și z_4 rămîn în același timp pe loc). După aceea se angrenează din nou roțile și se execută cel de-al doilea canal elicoidal al filetului.

Pentru a se aplica această metodă este nevoie ca prima roată conducătoare de schimb să aibă un număr de dinți care să se împartă exact la numărul de începuturi al filetului.

Împărțirea prin utilizarea unei flanșe de antrenare cu diviziuni. Metoda se recomandă în special în cazul prelucrării frecvente a filetelor cu mai multe începuturi. În acest caz, pe arborele principal al strungului se montează o flanșă de antrenare cu diviziuni (fig. 2.27).

După executarea unui canal al filetului se rotește discul cu cuiul de antrenare și cu piesa, față de flanșă, cu 180° la executarea filetului cu două începuturi, cu 120° la executarea filetului cu trei începuturi etc.

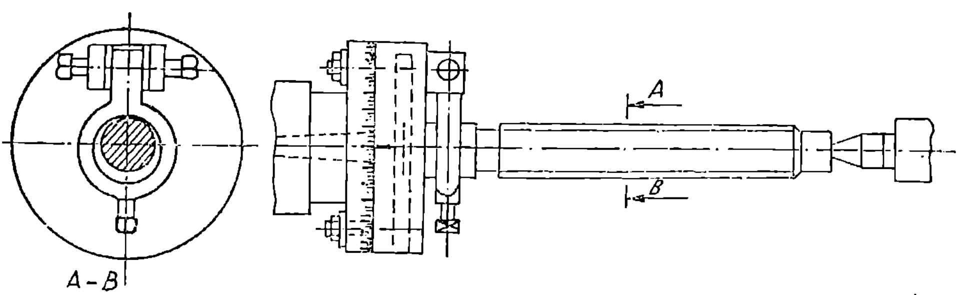


Fig. 2.27. Flanșă de antrenare cu diviziuni pentru executarea filetului cu mai multe începuturi.

Împărțirea prin deplasarea longitudinală a cuțitului. Deplasîndu-se cuțitul la începutul fiecărui canal cu o mărime egală cu pasul împărțit la numărul de începuturi, se poate executa filetarea mai repede decît în cazul primei metode.

Pentru ca această metodă să se poată aplica, trebuie ca raportul dintre numărul de începuturi al filetului și pas, exprimat în zecimi (1/10), să fie

un număr întreg, pentru ca numărul de pe vernier să reprezinte un număr întreg.

Filetul trapezoidal sau cel dreptunghiular cu două începuturi se poate executa, în modul cel mai simplu, cu ajutorul a două cuțite așezate unul

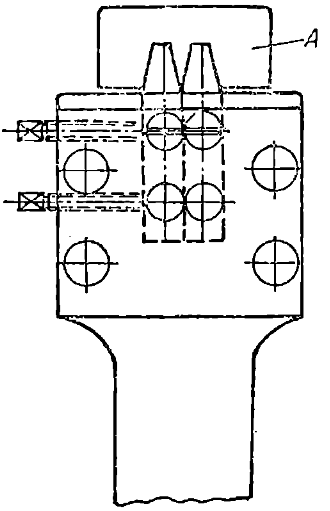


Fig. 2.28. Portcuțit pentru executarea filetului cu două începuturi.

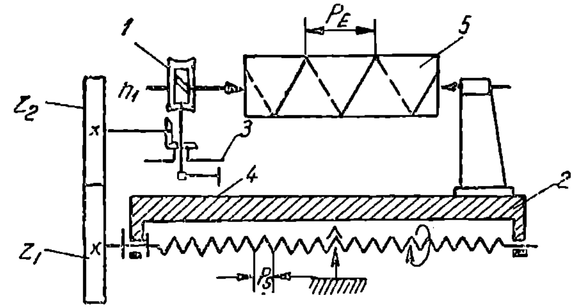


Fig. 2.29. Schema cinematică pentru frezarea canalelor elicoidale.

lîngă altul, care lucrează în același timp (fig. 2.28). Distanța dintre cele două cuțite trebuie să fie egală cu jumătate din pasul filetului, iar cuțitele trebuie să fie bine fixate față de piesa ce se filetează. Potrivirea se face cu ajutorul unui șablon *A*.

2.6. Frezarea canalelor elicoidale

Canalele elicoidale sînt întîlnite frecvent la roți dințate, alezoare, freze etc.

În cazul frezării unei suprafețe elicoidale pe mașina de frezat universală, cele două mișcări de generare a suprafeței (mișcarea de rotație a piesei și mișcarea de translație a sculei) se obțin astfel :

— mișcarea de translație se imprimă mesei mașinii, pe care se află piesa, de către șurubul conducător, care este antrenat de cutia de avansuri ;

— mișcarea de rotație este transmisă piesei prin capul divizor, care este antrenat de un angrenaj cu roți dințate, ce primește mișcarea de la șurubul conducător al mașinii.

În figura 2.29 este reprezentată schema cinematică a montajului capului divizor pe mașina de frezat.

Mișcarea de la șurubul conducător, care are pasul p și turația n, se transmite prin roțile dințate z_1, z_2, la capul divizor cu discuri și, prin roțile conice, cu raportul de transmitere $i = 1$, la discul divizor 3. Cuiul manetei 4, fiind introdus într-una din găurile discului, va fi antrenat o

dată cu discul astfel încît mișcarea se va transmite angrenajului melc-roată melcată *1* și deci piesei *5* pe care urmează a se tăia canalele elicoidale. În același timp, piesa împreună cu masa frezei *2* se vor deplasa sub acțiunea șurubului conducător prin piulița solidară cu masa mașinii.

Lanțul cinematic din montajul de mai sus se poate exprima prin relația :

$$\frac{n_ș}{n_1} = i\,\frac{z_2}{z_1}$$

sau

$$\frac{z_1}{z_2} = i\,\frac{n_1}{n_ș}$$

în care :

i este raportul de transmitere al angrenajului melc-roată melcată al capului divizor ;

n_1 — turația piesei.

Deplasarea longitudinală a mesei (piesei) într-un minut va fi :

$$L = p_ș \cdot n_0.$$

În același timp, axul principal al capului divizor și deci piesa s-au rotit și s-au deplasat pe aceeași lungime L, datorită faptului că întregul ansamblu cap divizor-piesă este montat pe masa mașinii. Deci, deplasarea longitudinală a mesei (piesei) se mai poate scrie :

$$L = p_E \cdot n.$$

Dacă se înlocuiește L cu valoarea de mai sus, rezultă :

$$L = p_E \cdot n_1 = p_ș \cdot n_ș.$$

Din această relație se obține raportul celor două turațil :

$$\frac{n_1}{n_ș} = \frac{p_ș}{p_E}.$$

Introducîndu-se acest raport în cea de-a doua relație a lanțului cinematic din montajul de mai sus se obține relația de calcul a roților dințate pentru frezarea canalelor elicoidale :

$$\boxed{\frac{z_1}{z_2} = \frac{i\,p_ș}{p_E}}. \tag{2.7}$$

Raportul de transmitere al capului divizor este de obicei $i = 40$.

Înainte de a începe frezarea unui canal, masa mașinii de frezat trebuie rotită în prealabil cu unghiul θ (unghiul de înclinare a elicei).

Pentru frezarea canalului următor, decalat față de primul cu pasul aparent p (pe generatoarea cilindrului), va trebui să se facă o divizare cu capul divizor, scoțîndu-se manivela 4 și învîrtind-o pe disc, în dreptul unui cerc avînd un număr de găuri corespunzător (v. fig. 2.29).

2.7. Executarea filetelor prin frezare

Frezarea filetului poate fi efectuată atît la piesele lungi cît și la piesele scurte. Ținîndu-se seama de acest criteriu, mașinile de frezat filete pot fi : pentru filet scurt și pentru filet lung.

La frezarea filetelor scurte (fig. 2.30) pe piesele cilindrice, axa sculei *S* trebuie să fie paralelă cu axa piesei *P*.

Ciclul de lucru pentru obținerea filetului de lungime *l*, freza avînd lungimea *L*, se compune din următoarele freze :

— scula *S* și piesa *P* se rotesc (săgețile *I* și *II*) ; în timpul acestei faze, piesa pătrunde în sculă sau invers (săgeata *IV*), pînă cînd se ajunge la înălțimea filetului. În acest timp, piesa execută arcul de cerc *1—2* ;

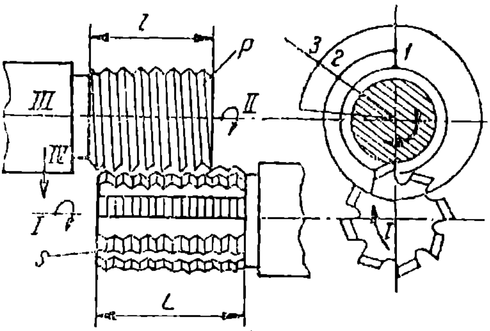


Fig. 2.30. Schema frezării filetelor scurte.

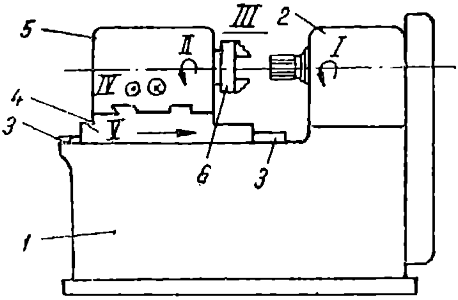


Fig. 2.31. Mașină de frezat filete scurte.

— mișcarea de avans de pătrundere încetează și începe executarea filetului propriu-zis. În timpul unei rotații complete a piesei (arcul *2—3*), ea avansează în sensul săgeții *III* cu mărimea unui pas ;

— piesa se retrage în sensul invers săgeții *IV* ;

— piesa revine în poziția inițială (sensul invers săgeții *III*) și mașina se oprește.

Mașina de frezat universală pentru filet scurt (fig. 2.31) este destinată prelucrării filetelor scurte la piese mici. Ea este formată dintr-un batiu *1*, de care se fixează rigid păpușa portsculă *2*. Partea superioară a batiului este prevăzută cu ghidajele *3*, pe care se deplasează sania *4*.

Pe ghidajele saniei *4* se deplasează în sens transversal păpușa portpiesă *5*, al cărei arbore *6* execută, pe lîngă mișcarea de rotație, și deplasarea longitudinală necesară generării traiectoriei elicoidale a filetului.

Mișcarea de avans longitudinal se imprimă, de obicei, piesei și se realizează cu un șurub conductăor sau cu o camă.

Scula utilizată — freza-pieptene — se poate considera ca fiind formată dintr-un număr mare de freze-disc profilate. Pentru a se ușura formarea unghiului de degajare, egal cu 0°, canalele pentru îndepărtarea așchiilor sînt paralele cu axa de rotație a frezei. Lungimea frezei va trebui să fie cu doi sau trei dinți mai mare ca lungimea filetului care trebuie frezat, pentru a se obține un filet cu flancuri netede pe întreaga sa lungime.

Frezarea filetelor lungi. În mod convențional se consideră că un filet este lung, dacă lungimea lui depășește de 2,5 ori diametrul nominal al filetului.

Frezarea filetelor lungi se execută pe mașini speciale de frezat filete, scula fiind o freză-disc profilată (fig. 2.32). Prin acest procedeu de prelucrare se pot realiza atît filete exterioare cît și filete interioare, de preferință filete trapezoidale, ferăstrău sau dreptunghiulare.

Viteza de așchiere utilizată în acest caz corespunde celei folosite la prelucrarea cu freze-disc profilate.

Deoarece realizarea prelucrării necesită o mașină specială, acest procedeu nu se poate aplica decît în cazul unei producții în serie (de exemplu, pentru prelucrarea filetelor șuruburilor conducătoare ale mașinilor-unelte).

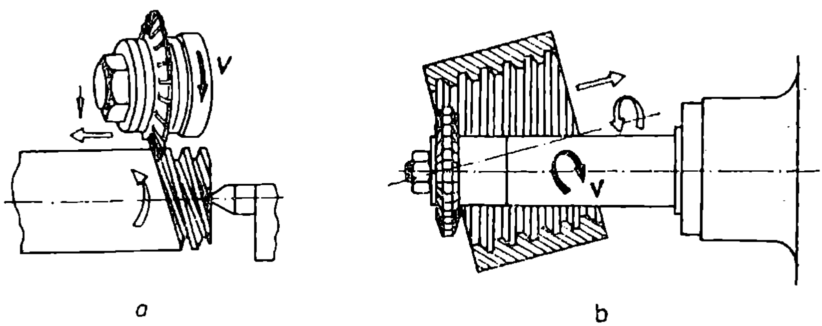


Fig. 2.32. Schema frezării filetelor lungi :
a — exterioare ; *b* — interioare.

2.8. Prelucrarea filetelor prin rectificare

Piesele care necesită o precizie ridicată a elementelor caracteristice ale filetului cum sînt : șuruburile micrometrice de la aparatele de măsurat și control, calibrele pentru filet, șuruburile conducătoare se execută prin rectificare care asigură o precizie ridicată, datorită construcției mașinilor de rectificat. Precizia ridicată și o calitate deosebită se obțin în special la piesele care au tratament termic corespunzător, deci o duritate ridicată. La piesele care au filete cu dimensiuni mici (pasul sub 0,5 mm) și cu precizie mare se execută tăierea filetului direct prin rectificare, fără operația de degroșare anterioară tratamentului termic, deoarece la tratament spirele filetului se deformează.

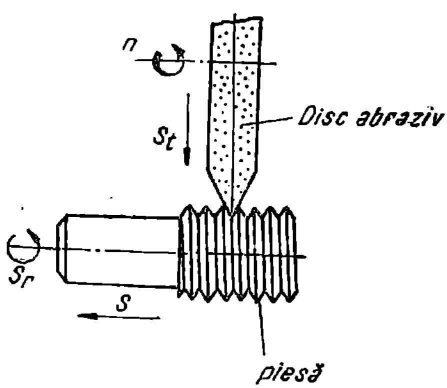


Fig. 2.33. Rectificarea filetelor exterioare cu disc abraziv cu un singur profil.

a. **Rectificarea filetelor exterioare.** Pentru rectificarea filetelor exterioare se folosesc două metode de rectificare, determinate în principal de precizia și lungimea acestora precum și de profilul discului abraziv.

Aceste metode de rectificare sînt :
— cu disc abraziv cu profil singular ;
— cu disc abraziv cu profil complex.

Rectificarea cu disc abraziv cu profil singular (fig. 2.33) se execută pentru obținerea unor filete cu precizie ridicată și care au o lungime mai mică de 70 mm. Discul abraziv întrebuințat are o lățime de 6—10 mm și are pe periferie executat un singur profil al filetului, corespunzător unui gol dintre două spire.

Prin combinarea mișcării de așchiere principală n și a mișcării de avans transversal s_t ale discului abraziv, cu mișcarea de rotație s_r și mișcarea de avans s ale piesei se obține elicea filetului.

Rectificarea cu disc abraziv cu profil complex se poate executa cu avans transversal (fig. 2.34, *a*) sau cu avans longitudinal (fig. 2.34, *b*) al discului.

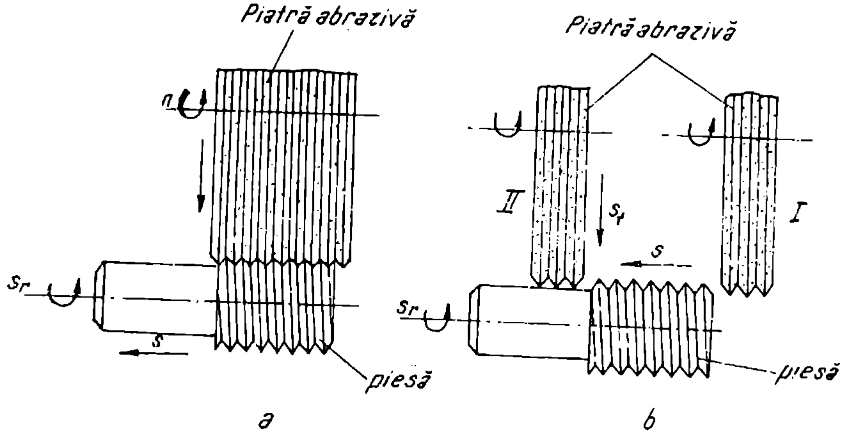


Fig. 2.34. Rectificarea filetelor exterioare cu disc abraziv cu profil complex : *a* — cu avans transversal ; *b* — cu avans longitudinal.

Prin această metodă se execută filete la piesele care au lungimea mai mică de 70 mm și pasul fin al filetului. Discul abraziv are pe periferie mai multe canale circulare, avînd distanța dintre ele egală cu un pas. Această metodă este de aproximativ zece ori mai productivă decît rectificarea cu disc abraziv cu profil singular. La acest procedeu, lățimea discului abraziv trebuie să depășească lungimea filetului cu 2—3 pași, cînd rectificarea se execută cu avans longitudinal.

b. **Rectificarea filetelor interioare.** Filetele interioare se pot rectifica în mod asemănător celor exterioare cu piatră abrazivă cu profil singular sau cu profil complex. Pentru rectificarea filetului interior (fig. 2.35) axa păpușii portpiatră se înclină față de axa piesei cu un unghi egal cu unghiul de înclinație al elicei filetului. Diametrul piesei de rectificat se alege în funcție de raportul dintre diametrul piesei de rectificat și diametrul discului abraziv. Acest raport este cuprins între 0,95 pentru diametre ale filetului pînă la 35 mm și 0,80 pentru diametre mai mari de 150 mm.

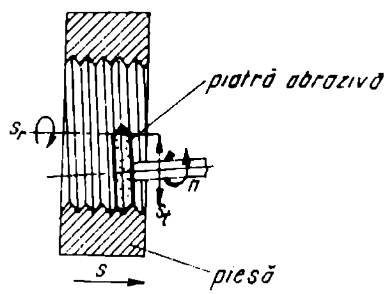


Fig. 2.35. Rectificarea filetelor interioare cu disc abraziv cu un singur profil.

c. **Alegerea discului abraziv și a regimului de așchiere.** Caracteristicile discului abraziv depind de metoda de rectificare, de mașina folosită și de caracteristicile materialului din care este confecționată piesa.

Caracteristicile discului abraziv pentru rectificarea filetelor sînt date în tabelul 2.2.

Vitezele de așchiere și viteza periferică a piesei pentru rectificarea filetelor exterioare se aleg din tabele.

Tabelul 2.2

Caracteristicile pietrelor abrazive pentru rectificarea filetelor

Felul operației	Materialul de prelucrat	Caracteristicile pietrei			
		Material abraziv	Granulația	Liantul	Duritatea
rectificare exterioară	oțel necălit oțel călit fontă	E E, En Cn	40 50 40 40 50	ceramic ceramic ceramic	IIb — IIa IIa — IIb Ic — IIa
rectificare interioară	oțel necălit oțel călit fontă	E, En E, En Cn	36 60 36 60 46	ceramic ceramic ceramic	Ic Ic — IIb Ic

Avansul transversal se alege în limitele 0,01 mm/rot pînă la 0,045 mm/rot, pentru rectificarea de degroșare, și de 0,01 mm/rot pînă la 0,0025 mm/rot, în funcție de diametrul piesei pentru finisare.

2.9. Mijloace și metode pentru măsurarea filetelor

La un filet este posibilă măsurarea sau verificarea următoarelor elemente: diametrul exterior, diametrul interior, diametrul mediu, pasul, forma filetului și unghiul flancurilor.

Diametrul exterior al filetului se măsoară cu *șublerul* sau cu *micrometrul,* iar diametrul interior al filetului, cu vîrfurile pentru măsurare ale șublerului (fig. 2.36, *a*).

Diametrul mediu se măsoară cu *micrometrul pentru filete,* prevăzut cu prisme și vîrfuri conice corespunzătoare (fig. 2.36, *b*).

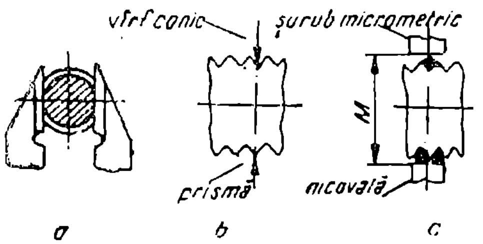


Fig. 2.36. Măsurarea diametrelor filetului:
a — diametrul interior; *b* și *c* — diametrul mediu.

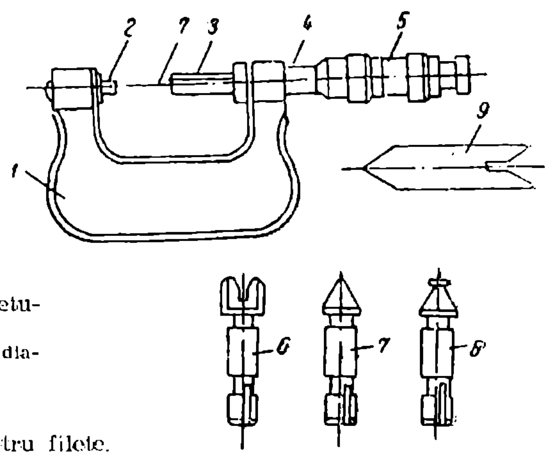


Fig. 2.37. Micrometru pentru filete.

Micrometrul pentru filete (fig. 2.36) are atît nicovala cît și tija șurubului micrometric alezate, pentru a se putea monta prisma și vîrful conic. În aceste alezaje se introduc cu strîngere ușoară prisma *6* în nicovala *2* și vîrful conic *7* sau *8*, în tija șurubului micrometric *3*. Prima are flancurile corespunzătoare filetului care se controlează, iar vîrful are unghiul conicității corespunzător unghiului filetului. Înălțimea profilelor prismei corespunde înălțimii utile a filetului. Perechile prismă-vîrf conic se pot utiliza

într-un domeniu restrîns de pași, astfel că fiecare micrometru are în trusă perechile necesare pentru pașii standardizați, în domeniul de măsurare al micrometrului respectiv.

Pentru domenii de măsurare mai mari de 0,25 mm se utilizează calibrul *9*, pentru reglarea micrometrului la dimensiunea inițială.

Diametrul mediu se poate măsura și cu ajutorul metodei celor trei sîrme (v. fig. 2.36, *c*). Suporturile cu sîrmele fixate de acestea se introduc în alezajele nicovalei și ale șurubului micrometric (fig. 2.36). Dimensiunii măsurate *M* (v. fig. 2.38, c) îi corespunde un anumit diametru mediu luat din tabele.

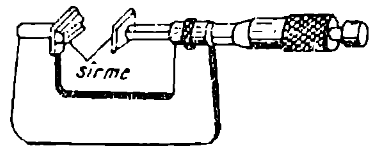


Fig. 2.38. Micrometru pregătit cu sîrme pentru măsurarea filetelor.

Pasul se măsoară cu *rigla pentru măsurat* pe lungimea mai multor piese și împărțirea acesteia la numărul de spire (fig. 2.39, *a* și *b*) sau cu ajutorul *șabloanelor de filet* (fig. 2.39, c).

Profilul filetului se măsoară cu *șabloane profilate* (fig. 2.40, *a*) sau, mai precis, cu ajutorul *microscopului pentru atelier*. Acesta are ocularul prevăzut cu un reticul pe care sînt desenate diferite profile pentru filete

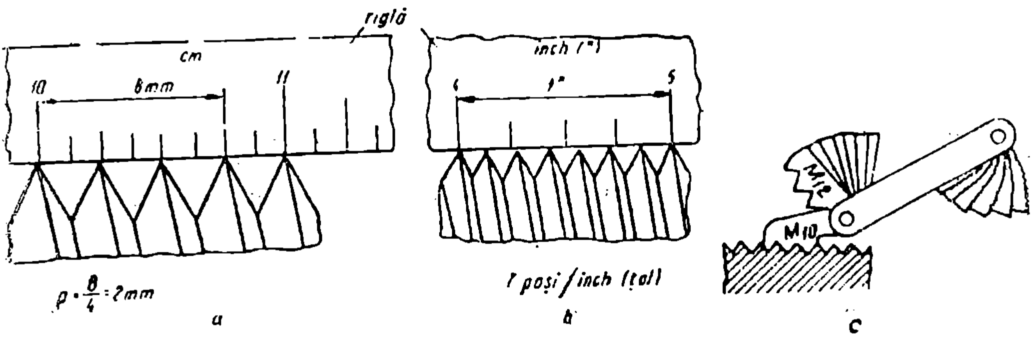
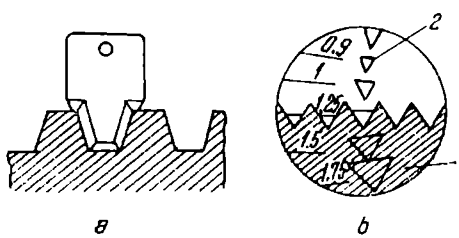


Fig. 2.39. Măsurarea pasului :
a și *b* — cu rigla gradată prin numărarea spirelor ; *c* — cu șabloane pentru filet.

Fig. 2.40. Măsurarea profilului filetului :
a — cu șabloane profilate ; *b* — vedere în ocularul microscopului pentru atelier.



(fig. 2.40, *b*). La un filet corect trebuie ca umbra imaginii filetului *1* să acopere profilul filetului corespunzător *2*.

Calibrele normale filetate constituie un mijloc comod pentru o verificare complexă a filetului.

Calibrele filetate pot fi de două tipuri :

— calibre-inel filetate (fig. 2.41, *a*), folosite pentru verificarea filetelor exterioare ;

— calibre-tampon filetate (fig. 2.41, *b*), folosite pentru verificarea filetelor interioare. Capătul neted servește la verificarea diametrului găurii care urmează să fie filetată, iar capătul filetat, la verificarea filetului.

Cu aceste calibre se verifică dacă filetul are joc, prin deplasarea calibrului și prin rezistența întîmpinată la înșurubare.

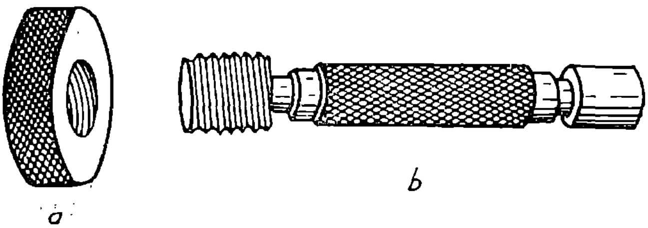


Fig. 2.41. Calibre filetate : *a* — calibru-inel ; *b* — calibru-tampon.

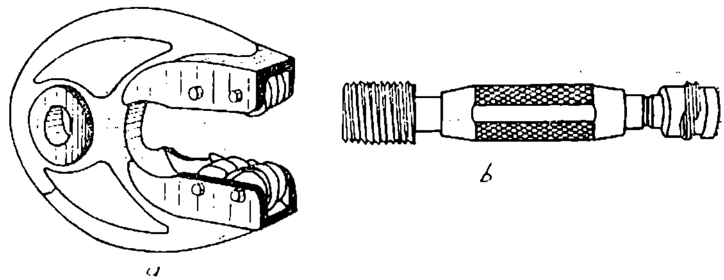


Fig. 2.42. Calibre limitative filetate : *a* — calibru potcoavă ; *b* — calibru tampon.

Calibrele filetate limitative se folosesc la verificarea șuruburilor și a piulițelor care se execută pentru clasele de precizie 1, 2, 3 și speciale. Ele permit o verificare mult mai precisă și mai rapidă a filetului. Ele pot fi :

— calibre-potcoavă limitative, folosite pentru verificarea filetelor exterioare (fig. 2.42, *a*) ; un astfel de calibru are două perechi de role : perechea din față reprezintă partea „trece“, iar perechea din spate reprezintă partea „nu trece“.

— calibre-tampon limitative (fig. 2.42, *b*), pentru verificarea filetelor interioare : capătul „trece“ are un filet lung, cu profil complet, care trebuie să se înșurubeze complet în gaura filetată ; capătul „nu trece“ are două-trei spire cu profilul incomplet și nu trebuie să se înșurubeze în gaura ce se verifică.

2.10. Reguli de tehnică a securității muncii la filetare

La filetare, piesa de prelucrat și scula așchietoare trebuie să fie bine fixate, pentru a se evita desprinderea piesei sau a sculei așchietoare și, deci, accidentarea strungarului sau a muncitorilor din jurul strungului.

Angajarea cuțitului la filetare se va face treptat, pentru ca piesa de prelucrat să nu fie smulsă din universal sau cuțitul să fie rupt, putînd răni pe cel din jur.

Nu se vor demonta în timpul lucrului îngrădirile de protecție ale curelei sau ale roților dințate și se vor respecta curățenia și ordinea la locul de muncă.

Deseori, în timpul filetării la mașinile-unelte se produc accidente care se datoresc mînuirii neatente a piesei de filetat sau a pieselor în mișcare ale strungului, ca : arbori, roți de curea, curele, roți dințate etc.

Verificarea cunoștințelor

1. Care metodă de executare a filetelor cu profil triunghiular este mai precisă ?

a — cu deplasarea transversală a cuțitului ;

b — cu sania portcuțit cotită cu $\varepsilon/2 = 2 \ldots 28°$,

c — cu sania portcuțit rotită cu $\varepsilon/2 = 30°$;

2. Care este cea mai productivă metodă de executare a filetelor triunghiulare în serie ?

a — cu cuțit pentru filetat normal ;

b — cu cuțit-pieptene ;

c — cu trei cuțite prevăzute cu plăcuțe din carburi metalice (degroșare, semifinisare și finisare).

3. Care este cea mai economică metodă pentru executarea unui filet trapezoidal cu două începuturi ?

a — cu ajutorul roților pentru schimb ;

b — prin utilizarea unei flanșe de antrenare cu diviziuni ;

c — cu ajutorul a două cuțite așezate unul lîngă altul la jumătate de pas.

3. PRELUCRAREA PIESELOR CU SUPRAFEȚE COAXIALE ȘI A CELOR CU MAI MULTE AXE

3.1. PRELUCRAREA PIESELOR CU SUPRAFEȚE COAXIALE

3.1.1. Suprafețe coaxiale

Suprafețele coaxiale sînt suprafețe de rotație avînd aceeași axă geometrică. Din punctul de vedere al amplasării lor, aceste suprafețe pot fi exterioare sau interioare. Ca exemple tipice de piese avînd astfel de suprafețe, pot fi menționate bucșele (netede, subțiri, cu guler etc.), discurile și inelele (fig. 3.1). Între bucșe, discuri cu găuri și inele nu există deose-

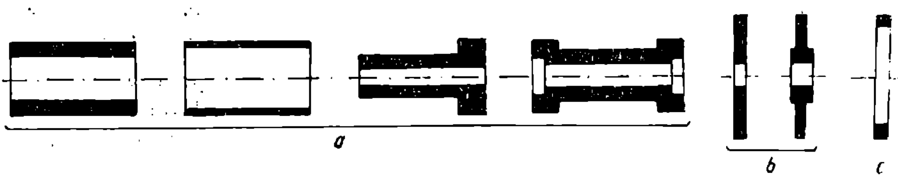


Fig. 3.1. Piese cu suprafețe coaxiale :
a — bucșe ; *b* — discuri ; *c* — inel.

biri esențiale. Ele se deosebesc numai pe baza proporției dintre cele trei dimensiuni care le definesc : diametrele exterior și interior și lungimea. Astfel, în cazul discurilor, lungimea este foarte mică în raport cu celelalte două dimensiuni, iar diametrul interior este mic față de cel exterior, în timp ce inelele sînt caracterizate de lungime mică, concomitent cu valori apropiate ale celor două diametre.

3.1.2. Particularitățile prelucrării pieselor avînd suprafețe coaxiale

În general, prelucrarea pieselor cu suprafețe coaxiale nu ridică probleme complicate; suprafețele coaxiale fiind suprafețe de rotație, prelucrarea lor se va face după schemele de bază indicate în capitolele referitoare la prelucrarea suprafețelor de rotație exterioare, respectiv interioare (v. manualul pentru clasa a XI-a).

Principala condiție impusă acestor piese și care trebuie respectată în timpul prelucrării este coaxialitatea suprafețelor. Pornind de la această condiție se adoptă o anumită succesiune a operațiilor de prelucrare prin așchiere și o alegere judicioasă a bazelor tehnologice.

a. **Prelucrarea bucșelor.** Semifabricatele folosite la prelucrarea bucșelor se stabilesc în funcție de configurația, dimensiunile, destinația și materialul lor precum și în funcție de mărimea seriei de fabricație. Se pot folosi în acest scop semifabricatele debitate din bare sau din țevi, precum și piese turnate sau forjate.

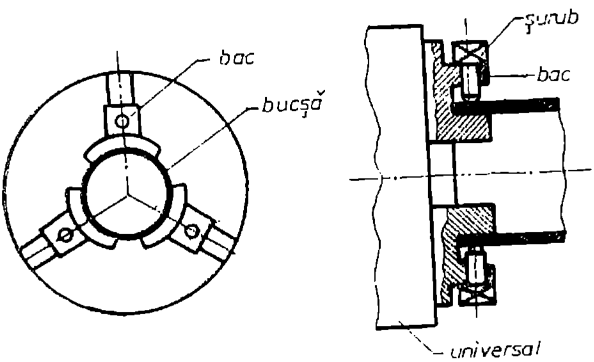


Fig. 3.2. Prinderea și fixarea bucșelor cu pereți subțiri:
a — cu bacuri profilate; b — cu bacuri cu șuruburi.

Operațiile de prelucrare a suprafețelor de rotație exterioare sau interioare sînt operații obișnuite, realizate cu scule și mașini-unelte deja cunoscute.

Ceea ce este specific prelucrării acestei categorii de piese este modul de construcție a dispozitivelor de prindere și fixare și, în general, a bucșelor cu pereți subțiri, care se pot deforma sub acțiunea forțelor de strîngere.

În figura 3.2 sînt prezentate două soluții folosite la fixarea bucșelor subțiri astfel încît să se evite deformarea pieselor. În același scop se pot utiliza bucșe elastice sau dornuri elastice.

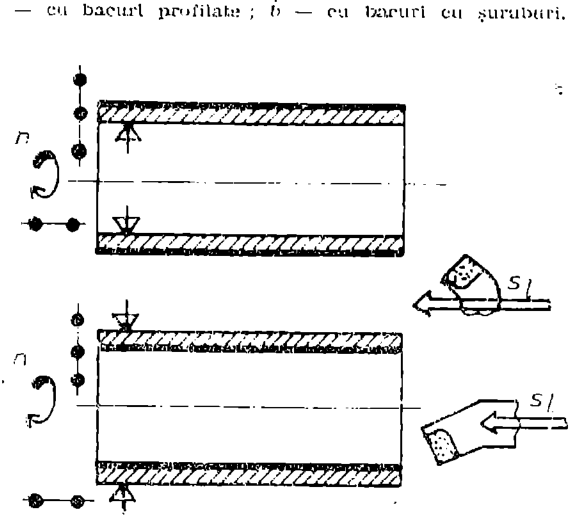


Fig. 3.3. Schema bazării la prelucrarea bucșelor.

Schema bazării bucșelor în vederea prelucrării suprafețelor coaxiale este reprezentată în figura 3.3: se prelucrează întîi una din

suprafețe — de exemplu cea exterioară — care va fi folosită ulterior ca bază de așezare pentru prelucrarea celeilalte suprafețe. O asemenea bazare asigură coaxialitatea suprafețelor. În același scop se poate folosi prelucrarea simultană a ambelor suprafețe ; cu două cuțite se așchiază în același timp, în aceeași secțiune : unul la exterior, iar celălalt la interior (fig. 3.4). O asemenea metodă de prelucrare evită deformarea piesei sub acțiunea forțelor de așchiere, problemă care se pune în special la prelucrarea bucșelor cu pereți subțiri. Deoarece prelucrarea semifabricatului nu poate fi făcută pe întreaga lungime, din cauza dispozitivului de prindere, acesta va trebui să fie mai lung, urmînd ca în etapa a doua să se execute o retezare a bucșei.

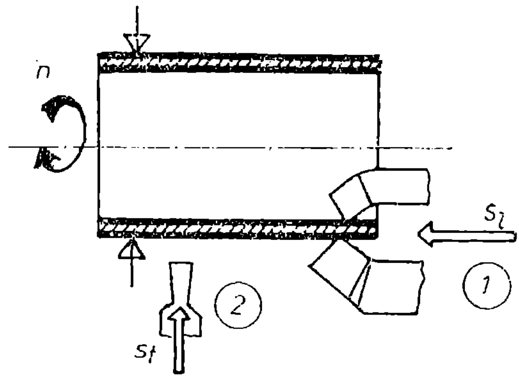


Fig. 3.4. Schema prelucrării simultane a suprafețelor coaxiale :
1 — strunjire cilindrică ; 2 — retezare.

b. **Prelucrarea discurilor.** Principala dificultate care apare la prelucrarea discurilor și, în special, a celor subțiri, o constituie deformarea lor sub acțiunea forțelor de așchiere, ca urmare a rigidității scăzute. Din această cauză, dispozitivele de prindere și fixare trebuie astfel construite încît să lase liberă o porțiune a piesei cît mai mică (fig. 3.5 și 3.6).

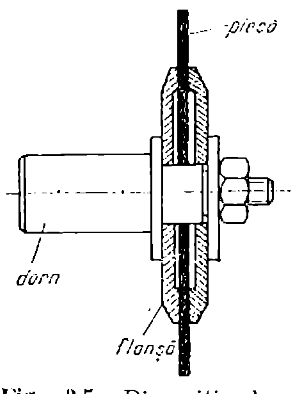
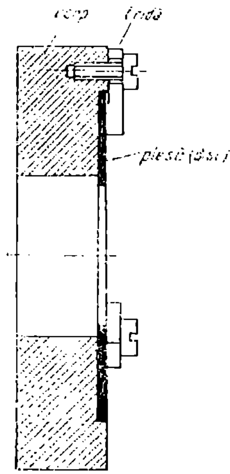


Fig. 3.5. Dispozitiv de prindere a discurilor subțiri în vederea strunjirii exterioare.

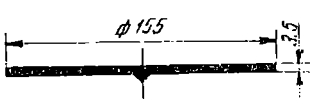

Fig. 3.6. Dispozitiv de prindere a discurilor subțiri în vederea strunjirii exterioare.

Procedeele de prelucrare, sculele și mașinile-unelte folosite sînt cele obișnuite ; caracteristic rectificării discurilor este faptul că cea mai convenabilă metodă este rectificarea plană cu prinderea piesei cu ajutorul platourilor magnetice.

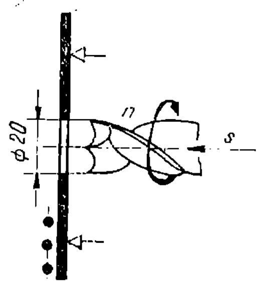
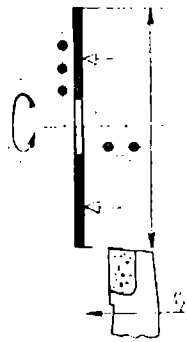
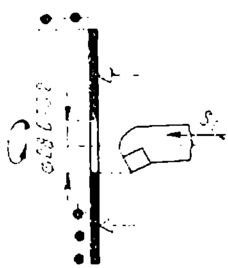
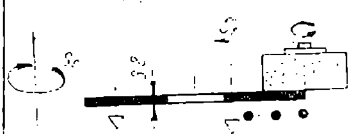
Exemplu. În tabelul 3.1 este descrisă succesiunea operațiilor de prelucrare prin așchiere a unui disc subțire.

Tabelul 3.1

Operațiile de prelucrare prin așchiere a unui disc

Operații		Desenul operației	Observații
Nr.	Denumirea		
1	Debitare		Grosimea discului fiind mică, semifabricatul se debitează din tablă prin forfecare. După îndreptare se punctează centrul semifabricatului în vederea găuririi

Tabelul 3.1 (continuare)

Operația		Desenul operației	Observații
Nr.	Denumirea		
2	Găurire		Semifabricatul avînd grosimea mică, iar diametrul găurii fiind destul de mare, nu este posibilă folosirea unui burghiu obișnuit, ci a unui burghiu special de tip «Centribor», care decupează un deșeu cu diametrul de 20 mm. Prelucrarea se poate face pe o mașină de găurit
3	Strunjire exterioară		Folosind ca bază de așezare gaura existentă se prinde semifabricatul într-un dispozitiv de tipul celui din figura 3.6
4	Strunjire interioară		Se folosește un dispozitiv de tipul celui din figura 3.6. În felul acesta se asigură o schemă de bazare ce permite realizarea coaxialității celor două suprafețe de rotație
5 și 6	Rectificare		În două operații identice se rectifică suprafețele laterale ale discului, fixat pe un platou sau masă magnetică. După precizia impusă este mare se va folosi o piatră disc

c. **Prelucrarea inelelor.** Principala dificultate care apare la prelucrarea inelelor o constituie rigiditatea lor scăzută. De asemenea, apar dificultăți legate de fixarea în timpul prelucrării cauzată de dimensiunile mici ale secțiunii inelului ; de aici rezultă și o manevrare greoaie a dispozitivelor de prindere și fixare, deci un consum mai mare de timp pentru această operație.

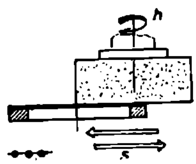
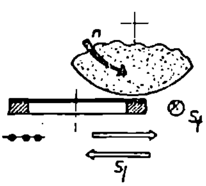
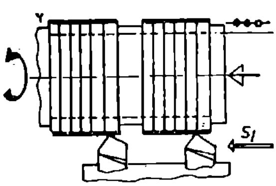
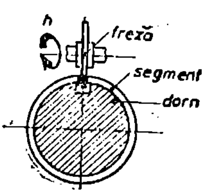
Pentru creşterea productivităţii prelucrării prin reducerea timpului auxiliar, se aplică frecvent prelucrarea simultană a mai multor piese.

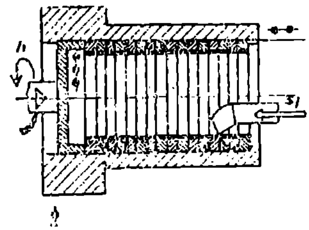
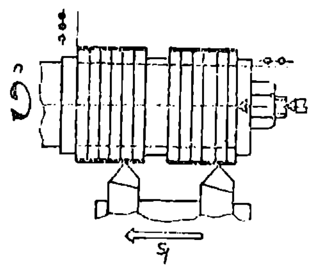
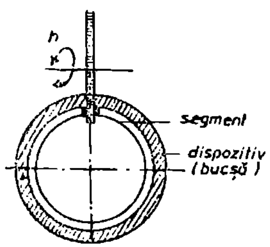
Tehnologia de prelucrare a inelelor depinde foarte mult de configuraţia şi dimensiunile inelului şi de mărimea seriei de fabricaţie. Pentru exemplificare, se poate menţiona cazul prelucrării segmenţilor pentru motoare şi compresoare, pentru care se cunosc cîteva variante ale tehnologiei de prelucrare. Semifabricatele folosite pot fi bucşe turnate din care se retează segmenţii sau inelele turnate individual.

În tabelul 3.2 este indicată succesiunea operaţiilor de prelucrare a segmenţilor motoarelor rapide, pornind de la un semifabricat care este un inel turnat individual. Majoritatea operaţiilor se realizează folosindu-se

Tabelul 3.2

Succesiunea operaţiilor de prelucrare prin aşchiere a segmenţilor pentru motoare rapide

Operaţia		Desenul operaţiei	Observaţii
Nr.	Denumirea		
1	Rectificare de degroşare		Se îndepărtează de pe una din feţele plane un adaos de 0,1—0,2 mm, folosindu-se o piatră oală. Prelucrarea se face pe o maşină de rectificat plan cu masă magnetică
2	Tratament termic		Se intercalează o operaţie de tratament termic de detensionare
3 şi 4	Rectificare de finisare		Cu o piatră disc se rectifică suprafeţele plane ale segmentului, îndepărtîndu-se un adaos de circa 0,03—0,05 mm. Rugozitatea după rectificare este $R_a = 0,4...0,8$ μm
5	Strunjire exterioară		Strunjirea cilindrică exterioară simultan la mai mulţi segmenţi, montaţi pe un dorn. Dacă segmenţii trebuie să aibă formă ovală se foloseşte un dispozitiv de copiat cu camă. Operaţia este de degroşare
6	Tăierea fantei		Operaţia de frezare. Se foloseşte un dispozitiv asemănător celui de la operaţia 5, permiţînd montarea mai multor segmenţi, cărora li se va tăia fanta dintr-o singură trecere

Operația Nr.	Operația Denumirea	Desenul operației	Observații
7	Strunjire interioară		Se prelucrează simultan mai mulți segmenți, fixați într-un dispozitiv cu bucșă exterioară
8	Strunjire exterioară		Operația de finisare, executată în mod asemănător, operației 5, dar cu un regim corespunzător
9	Calibrarea fantei		Operația de frezare, constînd în eliminarea erorilor care afectează deschiderea fantei ca urmare a operațiilor precedente. Se folosește un dispozitiv cu prindere la exterior

dispozitive de prindere și de fixare simultană a mai multor piese (cazul operațiilor 5, 6, 7, 8 și 9). De asemenea, operațiile de rectificare a suprafețelor plane (operațiile 1, 3 și 4) se execută pe mai mulți segmenți simultan, fixați pe masa magnetică a mașinii de rectificat.

3.1.3. Controlul pieselor cu suprafețe coaxiale

În funcție de configurația lor și de condițiile impuse, piesele cu suprafețe coaxiale sînt supuse următoarelor verificări și măsurări :

— măsurarea dimensiunilor efective ale suprafețelor ;

— verificarea dimensiunilor în comparație cu dimensiunile limită ;

— măsurarea bătăii radiale și bătăii frontale ;

— determinarea rugozității etc.

În general, aceste măsurări și verificări se efectuează cu ajutorul unor mijloace de măsurat și verificat obișnuite (șublere, micrometre, calibre etc.).

Caracteristică pentru acest gen de piese este măsurarea bătăii radiale, care pune în evidență dacă suprafețele de rotație sînt coaxiale. Măsurarea se poate executa folosindu-se un dispozitiv de control (fig. 3.7).

Piesa măsurată este introdusă pe un dorn de control, prins între vîrfuri sau așezat pe prisme. Măsurarea se execută cu comparatoare, în timp ce piesa se rotește ușor, cu mîna, în jurul axei dornului. În același timp se

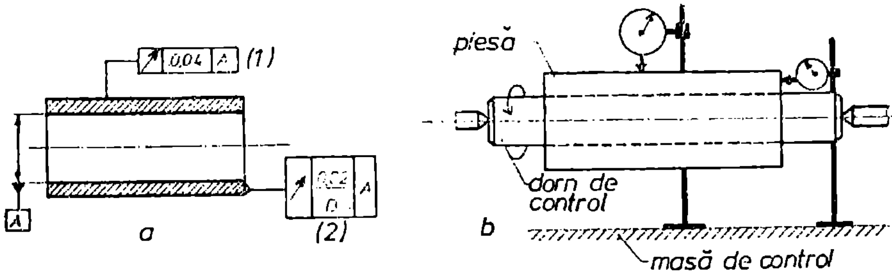


Fig. 3.7. Măsurarea abaterilor radială și frontală : *a* — notarea standardizată a abaterilor respective ; *b* — schema măsurării abaterilor.

măsoară și bătaia frontală. În cazul de față, abaterile prescrise pe desenul de execuție al piesei au valorile de 0,04 mm, pentru bătaia radială, și de 0,02 mm, la diametrul de măsurare D, pentru bătaia frontală.

Suprafața de referință A este suprafața interioară. Întrucît această suprafață este adeseori inaccesibilă (de exemplu, din cauza diametrului mic) se folosește o altă suprafață, adiacentă ei, materializată cu ajutorul dornului de control.

Dornurile de control sînt elemente componente ale dispozitivelor de control, foarte des folosite la verificarea și măsurarea pieselor cu alezaje și, în special, a celor cu alezaje cu axe paralele, perpendiculare, înclinate etc. (v. subcapitolul B). Ele sînt construite în așa fel, încît să se autocentreze pe suprafața alezajului, folosindu-se în acest scop elemente elastice sau deplasabile (pene, bile, plunjere etc.). Pentru exemplificare, în figura 3.8 este reprezentată schema de funcționare a unui dorn autocentrant cu plunjere. Sub acțiunea unui arc, cele două conuri se îndepărtează, obligînd plunjerele să se deplaseze spre suprafața alezajului piesei controlate.

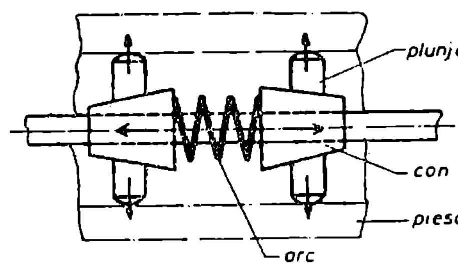


Fig. 3.8. Schema de funcționare a unui dorn de control cu plunjere.

3.2. PRELUCRAREA PIESELOR CU MAI MULTE AXE

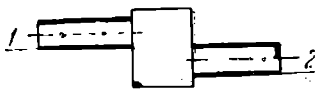
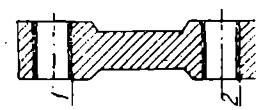
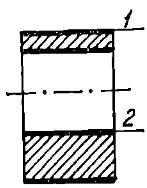
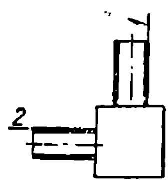
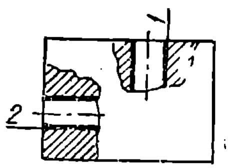
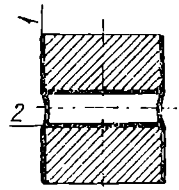
3.2.1. Piese cu mai multe axe

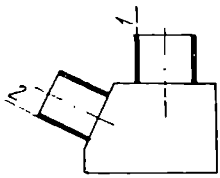
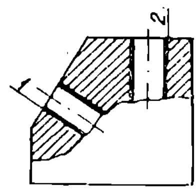
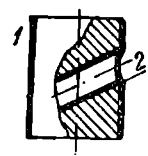
Piesele cu mai multe axe constituie o grupă de piese foarte răspîndite, caracterizate de un grad de complexitate de obicei ridicat și de dimensiuni foarte diferite (de la cîțiva mm la peste 1 m, ajungînd chiar la cîțiva metri).

Clasificarea acestor piese poate fi făcută, luîndu-se ca bază o serie de criterii, cum ar fi : poziţia reciprocă a axelor, tipul suprafeţelor componente, amplasarea acestor suprafeţe etc. (tab. 3.3).

Tabelul 3.3

Piese cu mai multe axe

Piese cu axe	Criteriul de clasificare și tipul piesei		Desenul	Exemple
paralele	numărul axelor	cu două axe		biele, manivele, pîrghii, carcase, excentrice
		cu mai multe axe		carcase, armături, arbori coliţi
	poziţia suprafeţelor	exterioare		cruci cardanice, armături
		interioare		carcase, blocuri-motor, robinete, corpuri de pompă
		exterioare și interioare		pistoane, armături
perpendiculare	poziţia suprafeţelor	exterioare		cruci cardanice, armături
		interioare		carcase, blocuri motor, corpuri de robinete
		exterioare și interioare		pistoane, armături

Piese cu axe	Criteriul de clasificare și tipul piesei		Desenul	Exemple
înclinate	poziția suprafețelor	exterioare		pîrghii, elemente cu cuplare
		interioare		carcase, blocuri-motor, armături
		exterioare și interioare		armături, arbori cotit

Principalele condiții impuse la prelucrarea acestor piese se referă la precizia de prelucrare a suprafețelor și, în special, la poziția reciprocă corectă a suprafețelor de rotație și a acestora față de suprafețele plane.

În ceea ce privește procedeele de așchiere și schemele tehnologice folosite la prelucrarea acestor piese, ele sînt identice cu cele cunoscute de la prelucrarea suprafețelor de rotație și a suprafețelor plane. Ceea ce este însă specific prelucrării acestor piese este succesiunea operațiilor de prelucrare și unele metode tehnologice legate de particularitățile lor constructive.

3.2.2. **Prelucrarea pieselor cu axe paralele**

Piesele cu axe paralele constituie una dintre categoriile cele mai răspîndite de piese cu mai multe axe. Tehnologia de prelucrare a acestor piese este foarte variată, deoarece, constructiv, aceste piese prezintă particularități care impun o anumită bazare, anumite operații de prelucrare și, uneori, anumite mașini-unelte. În cele ce urmează se tratează, pentru exemplificare, tehnologiile de prelucrare ale unor piese din această clasă, mai reprezentative, sau prezentînd aspecte interesante.

a. **Prelucrarea pieselor excentrice.** Piesele excentrice sînt caracterizate de existența unor suprafețe de rotație avînd axa geometrică situată la o anumită distanță (excentricitate) față de axa porțiunilor învecinate, care sînt tot suprafețe de rotație (fig. 3.9).

Principala problemă care apare la prelucrarea acestui gen de piese o constituie realizarea excentricității. Această problemă se reduce la amplasarea piesei în așa fel, încît la prelucrarea porțiunii excentrice axa acesteia să coincidă cu axa de rotație a dispozitivului portpiesă. Acest lucru se poate realiza în mai multe moduri :

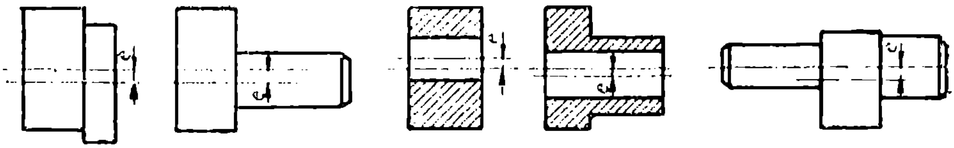


Fig. 3.9. Piese cu porțiuni excentrice.

— prin centrarea piesei pe un dorn cu cep excentric (fig. 3.10), caracterizat de existența unui cep de centrare dispus la distanța e față de axa porțiunii excentrice ;

— prin prinderea piesei într-un platou cu patru bacuri ;

— prin prinderea piesei pe un platou cu bacuri, acționate independent ;

— prin prinderea piesei într-un universal obișnuit, cu trei bacuri, interpunînd însă între unul din bacuri și piesă un adaos cu o anumită grosime a, astfel calculată, încît să se dezaxeze piesa cu valoarea excentricității e (fig. 3.11). Mărimea adaosului se calculează cu relația :

$$a = R + e - r, \qquad (3.1)$$

de unde, pe baza unor considerente de ordin geometric, se stabilește relația :

$$\boxed{a = 1{,}5e\left(1 + \frac{e}{2d}\right)}, \qquad (3.2)$$

care include numai mărimi cunoscute, legate de piesa care trebuie prelucrată, d fiind diametrul suprafeței pe care se face strîngerea ($d = 2r$).

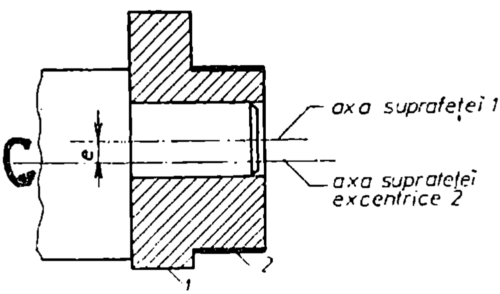


Fig. 3.10. Centrarea piesei pe un dorn cu cep excentric.

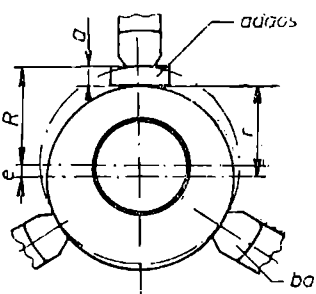


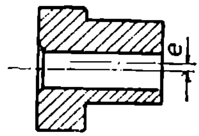
Fig. 3.11. Prinderea piesei excentrice într-un universal cu trei bacuri.

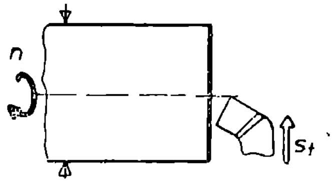
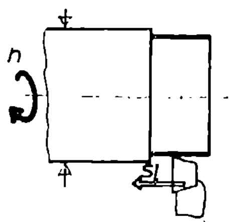
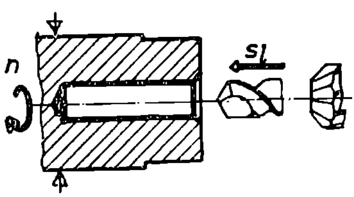
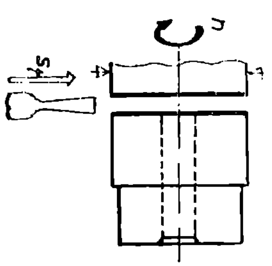
În general, prelucrarea unei asemenea piese cuprinde două grupe de operații : una pentru prelucrarea porțiunii excentrice, iar cealaltă pentru prelucrarea restului piesei. Concomitent se prelucrează și suprafețe plane învecinate precum și celelalte suprafețe de rotație care sînt coaxiale cu suprafața excentrică sau cu celelalte suprafețe de rotație ale piesei. Un

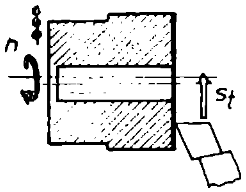
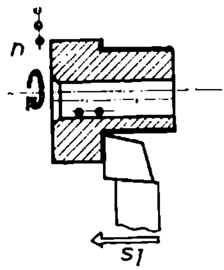
exemplu de prelucrare a unei piese excentrice rezultă din tabelul 3.4. Prelucrarea pieselor excentrice se execută pe mașini-unelte de tipul strungurilor și, dacă este nevoie, pe mașini de rectificat.

Tabelul 3.4

Succesiunea operațiilor de prelucrare a unei piese excentrice



Operația Nr.	Operația Denumirea	Desenul operației	Observații
1	Strunjire frontală		Se strunjește plan semifabricatul (capătul barei), prinderea făcîndu-se în universal
2	Strunjire cilindrică exterioară		Aceeași prindere ca la operația 1. Eventual se strunjește cu același cuțit ca la operația 1 în care caz operația *2* devine fază a operației *1*
3 și 4	Găurire și teșire		Două operații de prelucrare a găurii, executate pe strung. Eventual se poate folosi sculă combinată, în care caz apare o singură operație
5	Retezare		Ultima operație a primei grupe de operații de prelucrare a piesei

Operația		Desenul operației	Observații
Nr.	Denumirea		
6	Strunjire frontală		Se începe a doua grupă de operații avînd ca scop prelucrarea porțiunii excentrice. Prindere pe dorn cu cep excentric, folosindu-se ca suprafață de centrare gaura prelucrată la operația 3 (v. fig. 3.10)
7	Strunjire cilindrică exterioară		Se strunjește suprafața excentrică, folosindu-se un cuțit cu $\varkappa = 90°$ pentru a se obține și umărul suprafeței

O problemă aparte o constituie prelucrarea arborilor excentrici la care, din cauza lungimii relativ mari, este necesară prinderea între vîrfuri. În acest scop, pe capetele arborelui se execută în prealabil două perechi de găuri de centrare (fig. 3.12) materializînd două axe geometrice, amplasate la distanța *e*. Prelucrarea se execută din două prinderi, în fiecare din acestea folosindu-se una din perechile de găuri de centrare. Este evident, faptul că precizia de realizare a suprafeței excentrice depinde de precizia de execuție a bazelor de așezare, adică a găurilor de centrare.

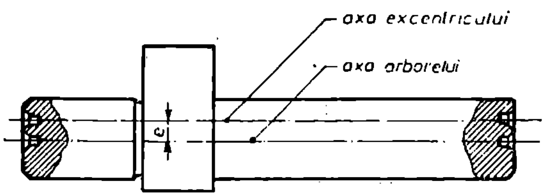


Fig. 3.12. Arbore cu excentric.

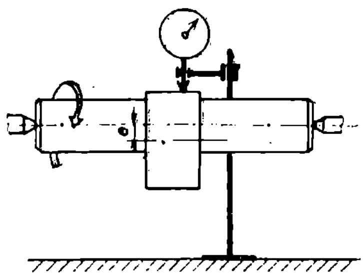


Fig. 3.13. Schema verificării excentricității.

Principala verificare la care sînt supuse piesele excentrice în timpul controlului o reprezintă măsurarea excentricității. În figura 3.13 este reprezentată schema dispozitivului de măsurare a excentricității unui arbore, folosindu-se un ceas comparator. În timpul măsurării, piesa, prinsă între vîrfurile dispozitivului, se rotește ușor cu mîna. La o rotație completă a piesei, acul indicator al comparatorului indică o valoare egală cu dublul excentricității *(2e)*.

b. **Prelucrarea arborilor cotiți.** Arborii cotiți sînt piese complexe, a căror prelucrare ridică probleme deosebite, datorită rigidității scăzute și condițiilor tehnice impuse.

Suprafețele de rotație cu axe paralele ale unui arbore cotit sînt cele ale palierelor (fusurilor), respectiv cele ale manetoanelor (fig. 3.14). Prelucrarea acestor suprafețe este cu atît mai dificilă, cu cît lungimea, respectiv numărul de coturi ale arborelui, sînt mai mari.

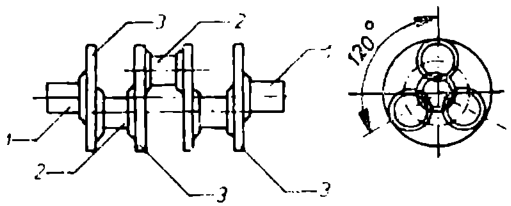


Fig. 3.14. Arbore cotit:
1 — paliere ; 2 — manetoane ; 3 — brațul manetonului.

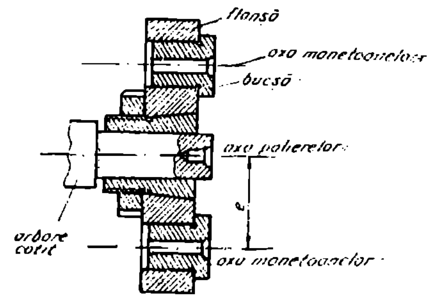


Fig. 3.15. Dispozitiv pentru prinderea excentrică a arborilor cotiți.

Pentru evitarea încovoierii, datorită greutății proprii a forțelor de așchiere și a forțelor de strîngere între vîrfuri, arborele cotit trebuie rezemat în mai multe locuri. Pentru evitarea răsucirii, acționarea în mișcare de rotație se va face la ambele capete sau de la mijloc, scurtîndu-se astfel lungimea supusă solicitării de răsucire.

Arborii cu dimensiuni mici sau mijlocii pot fi prelucrați pe mașini-unelte obișnuite (strunguri, mașini de rectificat exterior) prevăzute cu dispozitive speciale, care să permită aducerea pe rînd, în axa de rotație a arborelui principal al mașinii, a axelor suprafețelor de rotație ale arborelui. Un astfel de dispoztiv, care permite prinderea arborelui între vîrfuri, este reprezentat în figura 3.15. Acest dispozitiv permite deplasarea arborelui cu distanța *e*, reprezentînd excentricitatea manetoanelor față de paliere, prin simplă folosire a altor găuri de centrare (fig. 3.16).

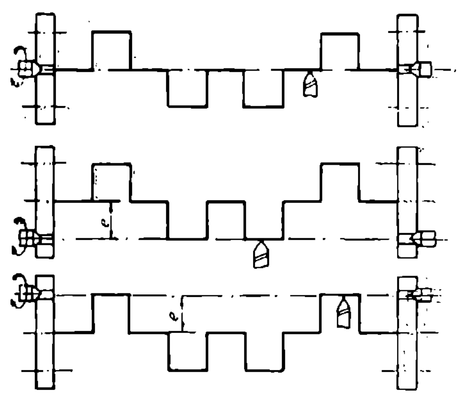


Fig. 3.16. Etapele prelucrării arborelui cotit, folosindu-se dispozitivul din figura 3.15.

Arborii coți cu dimensiuni mari, în cadrul unei producții în serie, se prelucrează pe mașini-unelte speciale, care permit prinderea și sprijinirea arborilor în poziția dorită. În cazul în care arborele este foarte greu, mașina este astfel construită încît arborele stă pe loc în timpul prelucrării, toate mișcările pentru așchiere fiind executate de capete speciale, prevăzute cu cuțite (fig. 3.17).

Rectificarea arborilor cotiți se face pe mașini de rectificat asemănătoare celor descrise. Întrucît manetoanele arborilor cotiți sînt prevăzute

cu racordări, piatra disc folosită pentru rectificare va fi şi ea profilată în mod corespunzător (fig. 3.18).

În afara operaţiilor descrise, la prelucrarea unui arbore cotit se întîlnesc frecvent şi alte operaţii tehnologice : trasarea, centruirea, frezarea, găurirea etc. Aceste operaţii se execută după schemele tehnologice cunoscute, dar adaptate configuraţiei arborilor cotiţi.

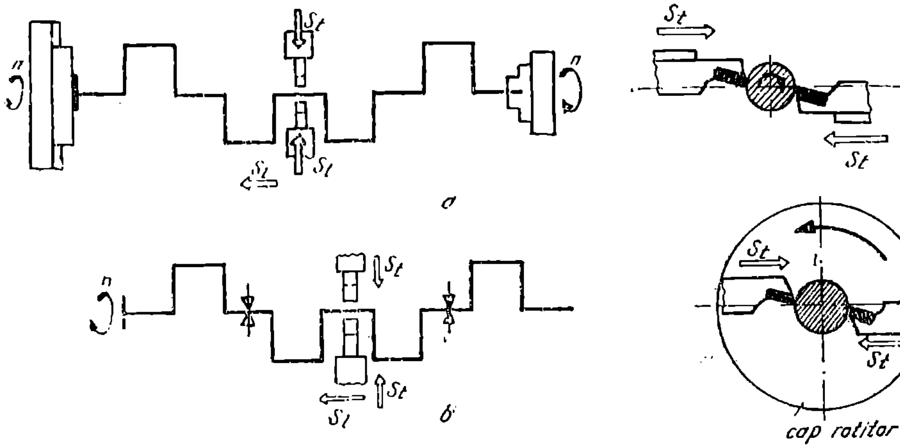


Fig. 3.17. Schemele de lucru ale maşinilor-unelte speciale pentru prelucrarea arborilor cotiţi :

a — cu antrenarea arborelui de la ambele capete şi prelucrarea cu două cuţite ; b — cu piesa fixă şi cuţite rotitoare.

Datorită condiţiilor grele de lucru în timpul exploatării, unui arbore cotit i se impun foarte multe condiţii, legate de precizia dimensională, de netezirea suprafeţelor şi de poziţia reciprocă a principalelor suprafeţe. De aici rezultă că operaţia de control a unui arbore cotit este foarte complicată şi durează cu atît mai mult cu cît aparatura de măsurat folosită este mai puţin adaptată specificului acestor piese. Din această cauză, multe dintre măsurări se execută cu ajutorul unor dispozitive de măsurat, special construite.

Principalele măsurări şi verificări care se execută în cadrul operaţiei de control sînt :

— măsurarea dimensiunilor sau verificarea lor faţă de dimensiunile limită ;

— determinarea abaterilor de la circularitate a fusurilor-paliere şi a manetoanelor ;

— determinarea abaterilor de la cilindricitate a fusurilor şi a manetoanelor ;

— determinarea abaterilor de la coaxialitate a fusurilor şi a manetoanelor ;

— determinarea abaterii de la poziţia unghiulară a manetoanelor ;

— măsurarea rugozităţii suprafeţelor etc.

Abaterea de la circularitate, cilindricitate şi coaxialitate se poate determina în mod similar ca şi la arbori drepţi în trepte, prinşi între vîrfuri sau aşezaţi pe prisme.

Una dintre cele mai dificile determinări este cea a abaterii de la poziția unghiulară a manetoanelor. În acest scop se poate folosi un dispozitiv special, a cărui schemă de principiu este reprezentată în figura 3.19. Determinarea se face cu ajutorul unor comparatoare, reglate în prealabil după o piesă etalon. Ele palpează două pîrghii articulate, solidare cu prisme, care vin în contact cu suprafața manetoanelor.

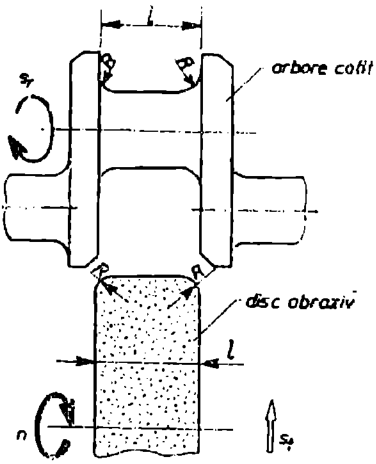


Fig. 3.18. Schema rectificării manetoanelor arborilor cotiți.

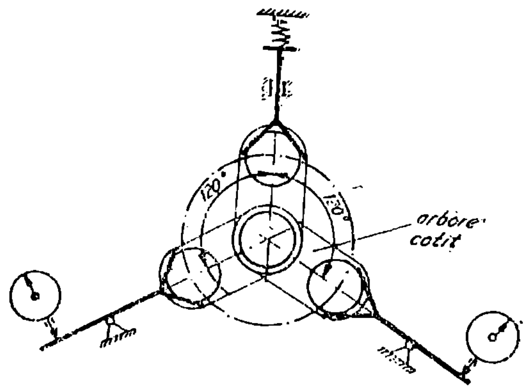


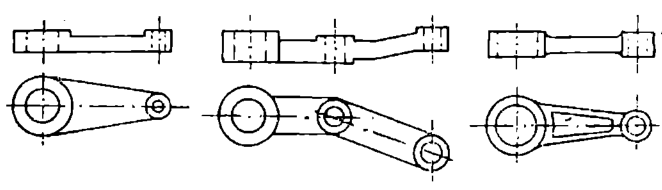
Fig. 3.19. Schema de principiu a dispozitivului de control folosit în determinarea abaterii de la poziția unghiulară a manetoanelor arborilor cotiți.

c. **Prelucrarea pieselor de tipul pîrghiilor și bielelor.** Pîrghiile și bielele sînt caracterizate de existența unor alezaje, de obicei, în număr de două, avînd axele paralele (fig. 3.20).

Avînd în vedere faptul că piesele din această categorie sînt foarte diferite în ceea ce privește configurația, dimensiunile și precizia impusă, nu există o tehnologie unică de prelucrare a lor, aceasta cu atît mai mult, cu cît caracterul seriei de fabricație influențează în mod deosebit tehnologia de prelucrare.

Operațiile de prelucrare pot fi împărțite în două grupe, și anume :
— operații de prelucrare a suprafețelor plane ;
— operații de prelucrare a suprafețelor alezajelor.

Fig. 3.20. Piese de tipul pîrghiilor.



Operațiile din prima categorie se execută după schemele cunoscute, prin frezare sau, dacă este cazul, prin rectificare.

Operațiile din a doua categorie sînt caracteristice pentru acest gen de piese ; ele se pot executa pe mașini de găurit, pe strunguri sau pe mașini speciale. Bazarea pieselor în vederea prelucrării trebuie să asigure distanța dintre axele alezajelor în limitele admise și grosimea pereților piesei.

În figura 3.21 este reprezentată o schemă de bazare frecvent folosită, la care strîngerea piesei se face prin intermediul unor prisme. La această schemă precizia de execuție, legată de coaxialitatea alezajelor, este condiționată numai de eroarea de reglare a burghiului.

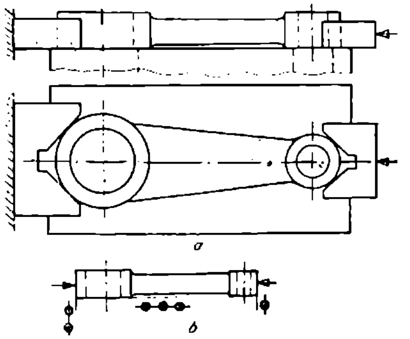


Fig. 3.21. Schema de principiu a dispozitivului de poziționare și fixare a bielelor :

a – schema dispozitivului ; b — schema bazării piesei.

În cazul unei producții de serie mică, prelucrarea se poate executa pe strung cu prinderea piesei pe platou, centrarea făcîndu-se cu ajutorul unui bolț (fig. 3.22).

Controlul pieselor de tipul pîrghiilor și bielelor cuprinde o serie de determinări obișnuite (de exemplu, măsurarea dimensiunilor) și unele speciale, dintre care cea mai importantă este determinarea abaterii de la paralelism, a alezajelor. Pentru măsurarea acestei abateri la o bielă se poate folosi un dispozitiv de control, a cărui schemă de principiu este reprezentată în figura 3.23.

Biela se așază pe un dorn autocentrat cu alezajul de diametru mare, în celălalt alezaj introducîndu-se un dorn control. Abaterea de la paralelism se măsoară cu un ceas comparator, în intermediul unei pîrghii, după ce în prealabil aparatul a fost reglat zero, folosindu-se o bielă etalon. În cazul din figură, abaterea de la paralelism, impusă prin desenul de execuție, este de 0,1 mm.

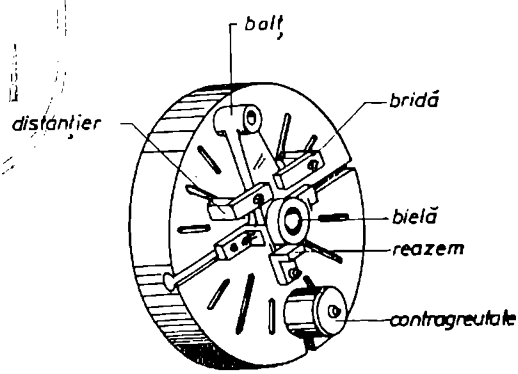


Fig. 3.22. Fixarea bielei pe platou, cu centrarea piesei pe un bolț.

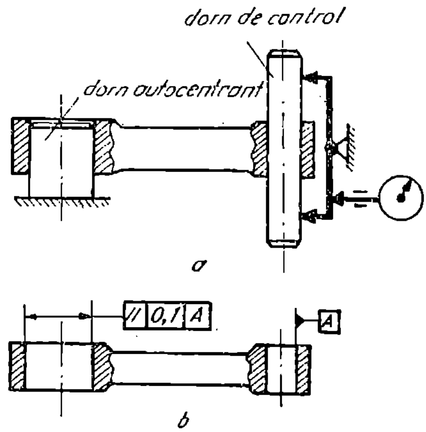


Fig. 3.23. Determinarea abaterii de la paralelism a suprafețelor alezajelor bielei :

a — schema de principiu a dispozitivului ; b — notarea standardizată a abaterii de la paralelism.

3.2.3. Prelucrarea pieselor cu axe perpendiculare

Piesele cu axele perpendiculare sînt mai puțin răspîndite decît cele cu axe paralele. Cele mai cunoscute piese din această categorie sînt pistoanele, crucile cardanice și carcasele.

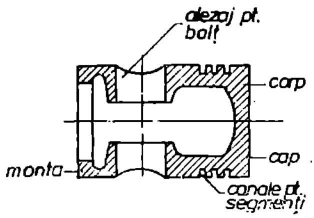
Tehnologia de prelucrare a acestor piese depinde de configurația, dimensiunile și precizia impusă, precum și de caracterul seriei de fabricație. Chiar și în cazul aceleiași categorii de piese, de exemplu în cazul pistoanelor, se cunosc mai multe tipuri de tehnologii de prelucrare.

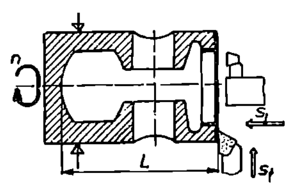
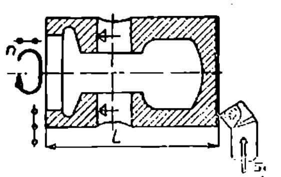
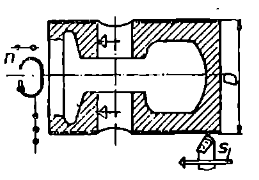
Problema tehnologică cea mai importantă care trebuie rezolvată este asigurarea perpendicularității axelor suprafețelor, păstrîndu-se în același timp coaxialitatea altor suprafețe (de exemplu, la prelucrarea pistoanelor, găurile de bolț trebuie să aibă axele perpendiculare pe axa pistonului, dar, în același timp, ele trebuie să fie coaxiale).

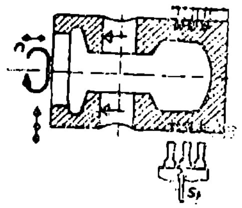
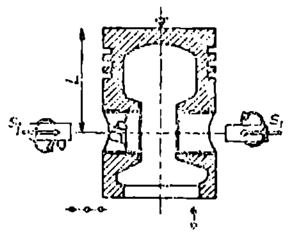
a. **Prelucrarea pieselor.** La prelucrarea pistoanelor, pentru asigurarea preciziei dimensionale și a prescripțiilor privind abaterile de la perpendicularitate, la majoritatea operațiilor se folosesc aceleași baze care se execută la prima operație (tab. 3.5). Aceste baze sînt suprafața plană a

Tabelul 3.5

Succesiunea operațiilor de prelucrare a unui piston



Nr.	Operația — Denumirea	Desenul operației	Observații
1	Strunjire		Se prelucrează suprafețele care vor servi ca baze la operațiile următoare: suprafața plană a mantalei și suprafața cilindrică interioară alăturată ei. Se urmărește atingerea dimensiunii *L*, prin limitarea pătrunderii unei tije solidară cu bara portsculă, de către fundul paharului pistonului
2	Strunjire plană		Se strunjește plan capătul pistonului urmărindu-se atingerea dimensiunii
3	Strunjire cilindrică exterioară		Se strunjește suprafața cilindrică exterioară pe întreaga sa lungime, urmărindu-se atingerea dimensiunii prescrise *D*

Nr.	Operaţia Denumirea	Desenul operaţiei	Observaţii
4	Canelare		Se strunjesc canalele pentru segmenţi, urmărindu-se atingerea dimensiunilor indicate de la baza de măsurare folosită şi la operaţia 5. Pentru creşterea productivităţii, prelucrarea se poate face cu mai multe scule simultan
5	Strunjire		Se strunjeşte alezajul pentru bolţ la diametrul D_b, la distanţa L. Dispozitivul folosit asigură aşezarea pistonului pe aceleaşi suprafeţe, ca şi în cazul operaţiilor 2, 3 şi 4

capătului mantalei şi suprafaţa cilindrică interioară, perpendiculară pe aceasta. În figura 3.24 este reprezentat un dispozitiv pentru strunjit, la care pistonul este aşezat pe bazele amintite. Strîngerea pistonului se realizează prin intermediul unei tije şi a unui bolţ transversal, introdus în gaura de bolţ a pistonului.

Tehnologia de prelucrare a pistonului (tab. 3.5) nu este unică, deoarece tipurile de pistoane folosite la motoarele cu ardere internă şi la compresoare sînt foarte numeroase şi variate, însă ea este reprezentativă pentru această categorie de piese.

Principalele probleme care trebuie rezolvate în cadrul operaţiei de control sînt :

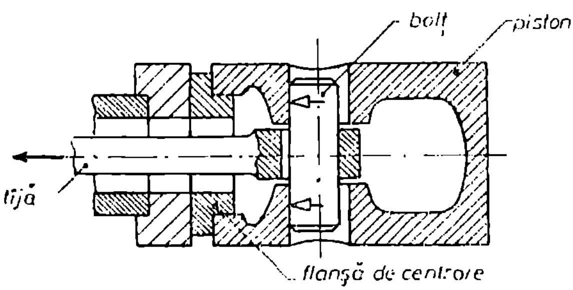


Fig. 3.24. Dispozitiv pentru prinderea pistoanelor în vederea strunjirii.

— determinarea abaterii de la paralelism a axei găurii de bolţ, faţă de capul pistonului ;

— măsurarea distanţei dintre axa găurii de bolţ şi capul pistonului ;

— determinarea abaterii de la perpendicularitate a suprafeţei cilindrice exterioare faţă de suprafaţa plană a capului pistonului ;

— determinarea perpendicularităţii găurii de bolţ pe axa de simetrie a pistonului ;

— determinarea intersecției axei găurii de bolț cu axa de simetrie a pistonului etc.

Întrucît determinările amintite sînt greu de efectuat cu mijloace de măsurat obișnuite se construiesc dispozitive de control care, de obicei, permit efectuarea mai multor determinări simultan. În figura 3.25 este

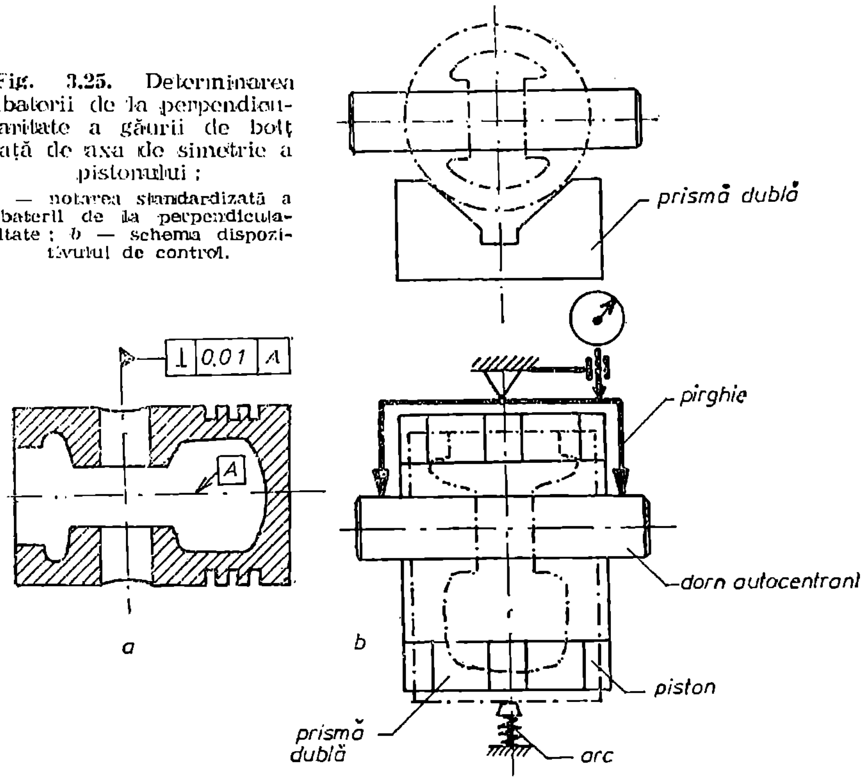


Fig. 3.25. Determinarea abaterii de la perpendicularitate a găurii de bolț față de axa de simetrie a pistonului:
a — notarea standardizată a abaterii de la perpendicularitate; b — schema dispozitivului de control.

reprezentată schema de principiu a unui dispozitiv folosit la controlul perpendicularității găurii de bolț pe axa de simetrie a pistonului. Pistonul este așezat pe o prismă dublă, fixată pe o placă de bază, în alezajul găurii de bolț introducîndu-se un dorn de control. Cu ajutorul unei tije apăsată de un arc, pistonul este împins în așa fel, încît dornul de control ia contact cu o pîrghie oscilantă, palpată de către un comparator, reglat în prealabil după o piesă etalon. Pe cadranul comparatorului se citește abaterea de la perpendicularitate a axei găurii de bolț, materializată cu ajutorul dornului de control, față de axa de simetrie a pistonului, materializată cu ajutorul prismei duble.

b. **Prelucrarea crucilor cu patru brațe.** Principalele operații de prelucrare a unei cruci cu patru brațe sînt reprezentate în figura 3.26 și se desfășoară în ordinea următoare :

— brațele *1* și *3* se strunjesc pe piesa prinsă fie între vîrfuri (după trasare, punctare și executarea găurilor de centrare), fie în universal. În acest din urmă caz, brațul *1* se degroșează pe piesa fixată în universal ; se procedează la fel și pentru brațul *3*, după care se finisează ambele brațe, la același diametru pe piesa prinsă între vîrfuri ;

— se strunjește brațul *2* și apoi brațul *4* separat, piesa fiind prinsă pe colțar (fig. 3.27).

Pentru montarea piesei pe colțar se procedează astfel :

— se reglează colțarul la înălțimea necesară ;

— se așază brațele *1* și *3* pe prisme ;

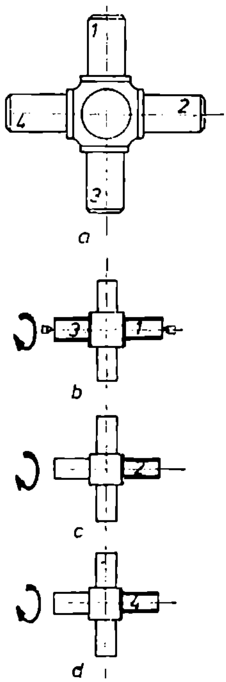


Fig. 3.26. Succesiunea operațiilor de prelucrare a unei cruci cu patru brațe :
a — cruce ; *b*—*d* — principalele operații de strunjire.

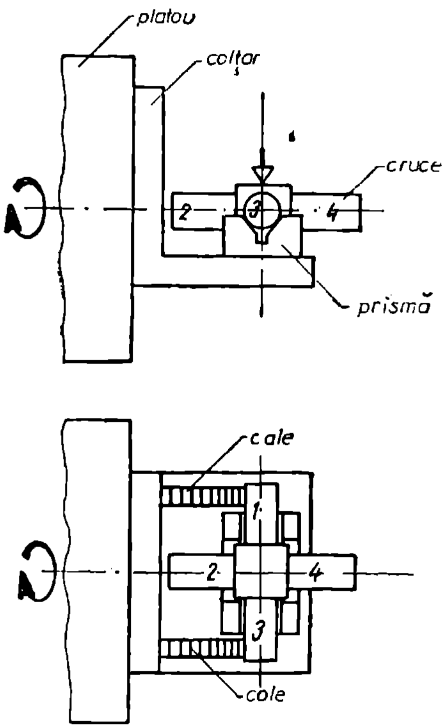


Fig. 3.27. Fixarea crucii cu patru brațe pe colțar în vederea strunjirii.

— se reglează brațele *1* și *3* astfel încît să fie paralele cu suprafața platoului, folosindu-se în acest scop cale etalon identice sub fiecare braț ;

— se strînge ușor, cu bride, piesa pe prisme ;

— se centrează brațul *2*, de strunjit, prin ușoare rotiri ale piesei pe prisme și prin alunecarea acestora pe echer ;

— cu comparatorul se verifică dacă montajul este corect, adică dacă brațele *1* și *3* sînt paralele cu suprafața de referință a platoului și dacă brațul *2* este centrat perfect ;

— se strîng definitiv cu bride brațele și prismele, după care se echilibrează ansamblul.

Pentru prelucrarea brațului *4* se procedează astfel :

— se rotește piesa cu 180° pe prisme ;

— se plasează o prismă în V sau o cală sub brațul *2*, care să asigure aceeași înălțime, ca a axei *1*, față de colțar ;

— se strînge cu bride piesa pe brațele *1*, *3* și *2*;

— se prelucrează brațul *4*.

Succesiunea de operații prezentată mai înainte este destul de complicată, deci o asemenea tehnologie nu poate fi utilizată decît în cadrul unei producții de serie mică. Atunci cînd numărul de piese este mare se utilizează dispozitive care asigură prinderea și centrarea rapidă a pieselor sau se folosesc mașini-unelte speciale, ca de exemplu, strunguri automate cu mai multe axe.

c. **Prelucrarea carcaselor.** Carcasele sînt piese cu formă complicată, mai mult sau mai puțin paralelipipedică, cu pereți exteriori sau interiori relativ subțiri. Suprafețele supuse prelucrării sînt de regulă suprafețe plane și suprafețe de rotație interioare. Acestea din urmă pot avea axele paralele, perpendiculare sau înclinate.

Principalele condiții impuse la prelucrarea carcaselor sînt legate de asigurarea poziției și formei suprafețelor prelucrate.

Astfel, suprafețele plane trebuie să fie drepte și netede, suprafețele frontale (suprafețe plane) să fie perpendiculare pe axa alezajelor, găurile să aibă formă precisă pe toată lungimea axei și să se respecte condițiile legate de poziția reciprocă a alezajelor (paralelism, coaxialitate, perpendicularitate, intersecție etc.).

Procedeele tehnologice de prelucrare prin așchiere, folosite la prelucrarea carcaselor, sînt cele cunoscute și aplicate la obținerea suprafețelor plane sau a celor de rotație interioare.

Mașinile-unelte folosite la prelucrarea carcaselor trebuie să aibă productivitate ridicată și să asigure precizia de prelucrare impusă.

Pentru prelucrarea suprafețelor plane se folosesc mașini de frezat longitudinale, cu mai multe capete de frezat, mașini de rabotat de tip portal, strunguri crusel ș.a. Dacă piesele ce se prelucrează pe mașinile de frezat sau de rabotat au dimensiuni relativ mici, se poate face prelucrarea simultană a mai multor piese una lîngă alta, cu suprafețele aliniate.

La prelucrarea suprafețelor alezajelor se folosesc mașini de alezat, mașini de găurit radiale, mașini de frezat, mașini de broșat și cele mai reprezentative mașini pentru astfel de prelucrări — mașinile de alezat și frezat orizontale.

În cadrul producției în serie mare sau în masă se pot folosi mașini-unelte de mare productivitate cum sînt mașinile-agregat, care asigură atît prelucrarea suprafețelor plane cît și a celor de rotație interioare.

O problemă importantă, care apare la prelucrarea alezajelor și de care depinde precizia de prelucrare, este cea a așezării și fixării piesei, mai ales atunci cînd prelucrarea necesită mai multe prinderi. În acest din urmă caz, se va folosi ca bază de așezare aceeași suprafață.

Piesa poate fi fixată direct pe masa mașinii sau în dispozitiv. Fiind necesară o precizie ridicată a prelucrării, fixarea piesei și reglarea mașinii trebuie să se facă cu multă grijă. De aceea se va acorda atenție așezării carcasei pe suprafața mesei sau dispozitivului, strîngerii piesei și reglării poziției arborelui principal al mașinii.

După așezarea piesei pe masa mașinii, se verifică cu mare atenție paralelismul suprafețelor plane și a axelor alezajelor cu axa arborelui principal al mașinii. Verificarea se poate face după trasaj sau cu ajutorul unor dispozitive cu comparatoare, folosindu-se pentru reglare suprafețe prelucrate în operații anterioare.

Reglarea poziției arborelui principal al mașinii, în cazul prelucrării alezajelor, se poate face după trasaj, fixînd în alezajul arborelui principal un ac de trasaj, sau cu ceasuri comparatoare, fixînd ca bază de reglare suprafața mesei mașinii sau o suprafață a piesei, prelucrată în cadrul unei operații anterioare. O reglare precisă se poate face cu ajutorul calelor. Aceasta se execută în felul următor :

— în arborele principal al mașinii se fixează un dorn precis prelucrat ;

— pe suprafața mesei mașinii (fig. 3.28) se așază cale, cu lungimea corespunzătoare înălțimii h, pe care trebuie să o aibă arborele principal față de masa mașinii. Dimensiunea de reglare, pe care trebuie să o aibă calele, se determină cu relația :

$$L = h - \frac{d}{2}, \tag{3.3}$$

în care d este diametrul porțiunii de lucru a dornului ;

— după prelucrarea alezajului respectiv se face reglarea arborelui principal pentru prelucrarea altui alezaj, care trebuie să aibă o anumită poziție față de alezajul prelucrat anterior. În acest scop se introduce în alezajul deja prelucrat un dorn etalon (dacă diametrul alezajului este prea mare se folosește o bucșă intermediară) ;

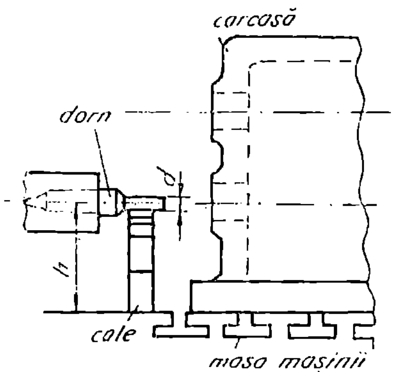


Fig. 3.28. Reglarea poziției arborelui principal al mașinii față de masa mașinii-unelte.

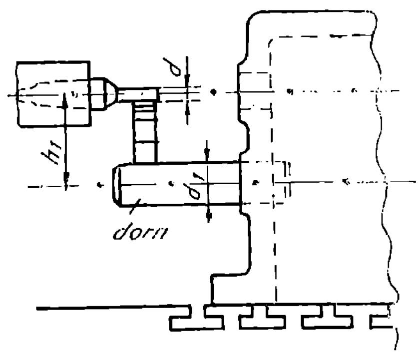


Fig. 3.29. Reglarea poziției arborelui principal față de axa alezajului prelucrat anterior în peretele carcasei.

— se reglează poziția arborelui principal al mașinii cu ajutorul calelor, ca în cazul precedent, folosindu-se însă ca bază suprafața dornului etalon (fig. 3.29). Dimensiunea de reglare, pe care trebuie să o aibă blocul de cale, va fi :

$$L_1 = h_1 - \frac{d}{2} - \frac{d_1}{2} \tag{3.4}$$

în care d_1 este diametrul dornului etalon.

Poziția sculei se va face apoi după axa arborelui principal al mașinii ; la capetele cu cuțite, acestea sînt reglate la dimensiune dinainte, în raport cu axul capului care se fixează în arborele principal al mașinii sau pe arborele portscule.

Întrucît reglarea cu ajutorul calelor sau prin celelalte metode (după trasaj, cu comparatoare) necesită prea mult timp, la producția în serie mare sau în masă se renunță la această metodă și se folosesc sistemele de reglare rapidă și precisă ale mașinilor-unelte (v. cap. 5). De asemenea, în cazul prelucrărilor de precizie sporită se folosesc mașini de prelucrat în coordonate, prevăzute cu mecanisme de deplasare foarte precisă a mesei și capului portsculă.

Prelucrarea propriu-zisă se realizează cu scule de prelucrare a găurilor (de găurit, teșit, lamat, alezat etc.) sau a suprafețelor plane, descrise în manualul pentru clasa a XI-a.

O problemă specifică, care apare la prelucrarea acestei categorii de piese, o constituie executarea alezajelor coaxiale și în special a celor situate la distanțe mari.

Aceste alezaje trebuie să îndeplinească condiția de coaxialitate impusă, ceea ce devine mai dificil dacă se folosesc dornuri portscule lungi, care se pot deforma ușor sub acțiunea forțelor de așchiere.

Prelucrarea alezajelor în pereți opuși, așezați la distanțe mari unul față de altul, se poate executa totuși folosindu-se dornuri portscule scurte, astfel :

— se prelucrează toate alezajele pe de o parte ;

— se rotește piesa cu 180° (această deplasare este posibilă datorită faptului că multe mașini-unelte folosite la prelucrarea carcaselor au masă rotativă) ;

— se prelucrează toate alezajele de pe peretele opus.

Deși acest mod de prelucrare evită erorile care apar datorită deformării dornurilor portscule, el introduce erori la reglarea poziției arborelui principal al mașinii, la trecerea de la un alezaj la altul, pe același perete al carcasei. Pentru a se asigura totuși o bună coaxialitate, prelucrarea de finisare se execută cu alezoare montate pe un arbore portscule comun. Pentru asigurarea preciziei de prelucrare, arborele portscule se montează în dispozitive speciale de ghidare. Antrenarea arborelui portscule se face prin cuplare elastică cu arborele principal al mașinii. Această metodă de lucru se poate folosi la prelucrări pe mașini de alezat orizontale, mașini de alezat și frezat orizontale, mașini de găurit radiale ș.a.

Pentru a se asigura precizia de prelucrare a alezajelor coaxiale din pereții carcasei atunci cînd distanța dintre aceștia este mare este necesară rigidizarea arborelui portsculă. Acest lucru se poate realiza în diferite moduri, ca de exemplu :

— *prin fixarea de bucșe de ghidare în alezajele prelucrate definitiv în peretele învecinat* (fig. 3.30). Metoda constă în prelucrarea primului alezaj, după care în el se montează o bucșă de ghidare a arborelui portsculă, care servește la prelucrarea alezajului următor și așa mai departe. În acest fel brațul în consolă al arborelui portsculă se menține în limite restrînse ;

— *prin montarea bucșelor de ghidare în alezajele din pereții exteriori* (fig. 3.31). La această metodă se prelucrează definitiv, în primul rînd, alezajele dintr-un perete exterior, apoi se rotește carcasa cu 180° și se prelucrează alezajele din peretele exterior opus. Pentru prelucrarea alezajelor din pereții interiori, arborii portsculă se reazemă în bucșe introduse în

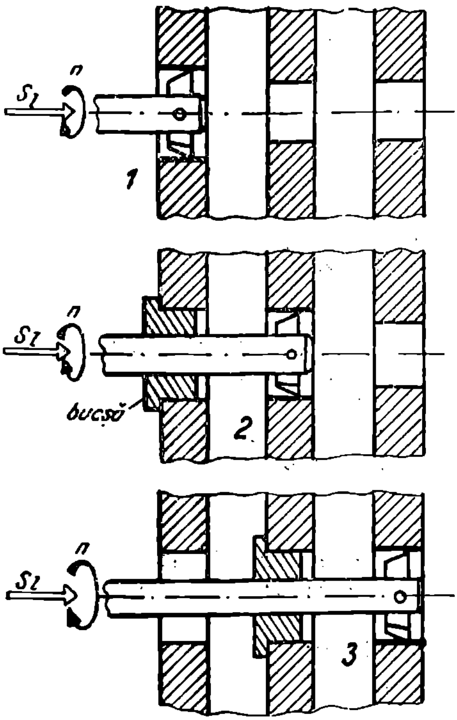


Fig. 3.30. Schema prelucrării alezajelor coaxiale, folosindu-se bucșe montate în pereţele învecinat :
1—3 — ordinea prelucrării.

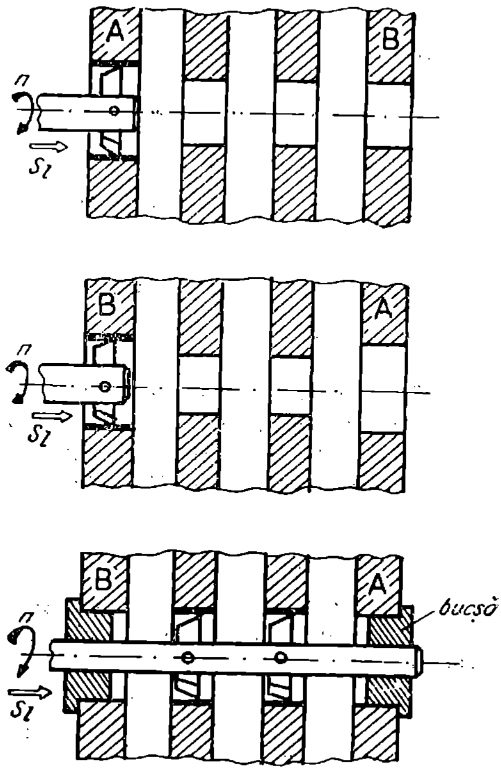


Fig. 3.31. Schema prelucrării alezajelor coaxiale, folosindu-se bucșe montate în pereţii exteriori.

alezajele prelucrate în pereții exteriori. În acest caz, productivitatea este mai ridicată, deoarece se pot prelucra simultan alezajele coaxiale din pereții interiori.

Principalele măsuri și determinări executate în cadrul operației de control sînt :

— verificarea alezajelor (diametru, ovalitate, conicitate etc.) ;

— determinarea abaterii de la coaxialitatea alezajelor ;

— determinarea abaterii de la paralelismul, perpendicularitatea sau intersecția axelor alezajelor ;

— verificarea perpendicularității dintre axele alezajelor și suprafețele plane ;

— verificarea paralelismului sau perpendicularității diferitelor suprafețe plane etc. (fig. 3.32).

Majoritatea acestor determinări se efectuează cu ajutorul unor dispozitive de control construite după aceleași reguli ca și celelalte dispozitive de control prezentate în cadrul acestui capitol. Pentru a se putea efectua controlul în alezajele carcaselor se introduc dornuri de control, așa cum este reprezentat în figura 3.33.

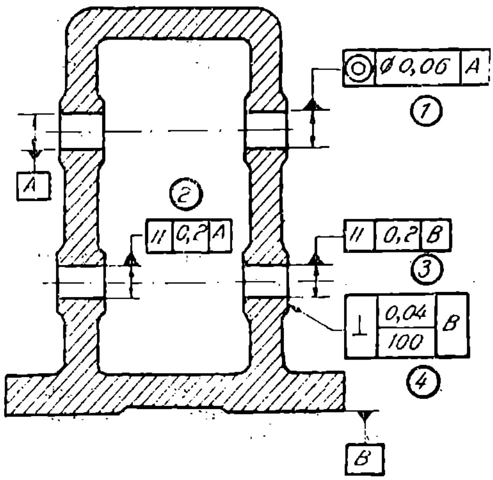


Fig. 3.32. Condiții impuse la prelucrarea carcaselor :

1 — coaxialitatea alezajelor ; 2 și 3 — paralelismul suprafețelor ; 4 — perpendicularitatea suprafețelor ; A și B — bazele de referință ; cifrele indică valorile abaterilor.

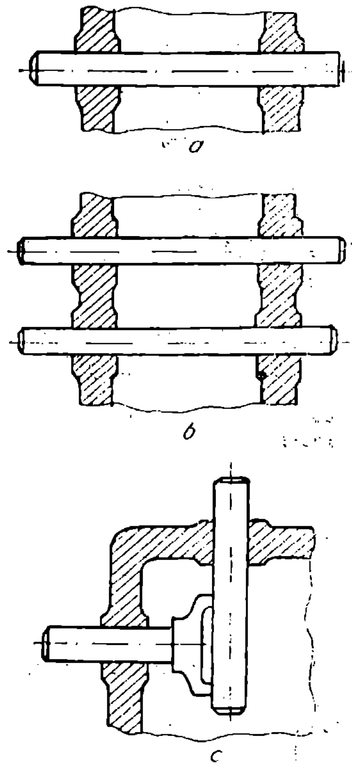


Fig. 3.33. Dornuri montate în pereții carcasei în vederea măsurării abaterilor :

a — de la coaxialitate ; b — de la paralelism ; c — de la perpendicularitate a axelor a două alezaje, aflate în același plan.

3.2.4. Norme de tehnică a securității muncii la prelucrarea pieselor cu suprafețe coaxiale și a celor cu mai multe axe

Piesele a căror prelucrare a fost tratată în cadrul acestui capitol sînt piese cu formă relativ complicată. Ca o consecință a acestui fapt, prinderea acestor piese pe mașinile-unelte necesită o atenție deosebită. Va trebui să se asigure forțe de strîngere suficient de mari, pentru ca în timpul așchierii piesa să nu se desprindă sub acțiunea forțelor de așchiere sau a celor centrifuge.

Toate piesele cu porțiuni excentrice sau cu o configurație asimetrică, prelucrate pe mașini-unelte la care mișcarea principală de așchiere este executată de către piesă, impun echilibrarea dispozitivelor de prindere (v. fig. 3.22).

O atenție deosebită trebuie acordată unor piese asimetrice (de exemplu, arborilor cotiți) aflate în mișcare de rotație care, datorită traiectoriei ne-

prevăzute pe care o pot avea unele părţi ale piesei, pot provoca grave accidente, lovind masa sau capacul care se apropie prea mult de locul în care se produce aşchierea.

Verificarea cunoştinţelor

1. Cămăşile blocurilor-motor reprezintă piese din categoria bucşelor. Întrucît în interiorul cămăşilor lucrează pistoane cu segmenţi suprafaţa acestor piese trebuie să fie deosebit de netedă. Indicaţi care este procedeul de aşchiere folosit pentru ultima operaţie de prelucrare.

2. În timpul centrării unei piese pe colţarul prins în locul universalului pe arborele principal al unui strung, strungarul roteşte uşor, cu mîna, arborele principal. În ce poziţie trebuie să stea manetele cutiei de viteze ?
a — corespunzător unei turaţii mici ;
b — corespunzător unei turaţii mari.

3. La prelucrarea pieselor excentrice precum şi a celor cu suprafeţe cu axe paralele adeseori este necesară echilibrarea dispozitivului de prindere şi fixare a piesei. Ce consecinţe poate avea lipsa greutăţilor de echilibrare ?
a — scăderea preciziei de prelucrare ;
b — modificarea excentricităţii ;
c — apariţia vibraţiilor ;
d — posibilitatea accidentării muncitorului.

4. La prelucrarea carcaselor mişcarea principală de aşchiere este executată în mod obişnuit de către sculă. Indicaţi cîteva maşini-unelte pe care se pot prelucra carcase, dar la care mişcarea principală de aşchiere să o execute piesa.

4. PRELUCRAREA DANTURILOR

4.1. Danturi

Prin *dantură* se înţelege o suprafaţă prevăzută cu o succesiune periodică de proeminenţe (dinţi) şi adîncituri (goluri, canale, creneluri). În construcţia de maşini se utilizează o varietate deosebit de mare de piese cu dantură, în scopuri foarte diferite. Metodele de prelucrare sînt de asemenea foarte diferite.

Pentru caracterizarea danturilor se consideră următoarele elemente :

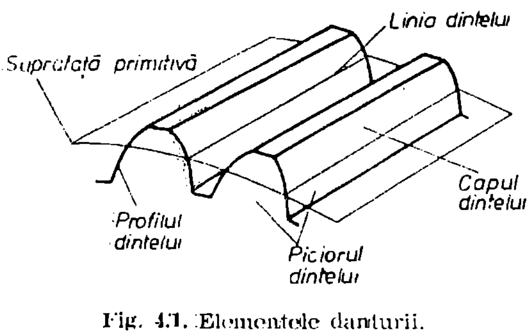


Fig. 4.1. Elementele danturii.

— suprafaţa primitivă, care defineşte forma generală a danturii. Această suprafaţă poate fi înfăşurătoare externă sau internă sau suprafaţa medie a danturii ;

— periodicitatea dinţilor şi golurilor, definite prin pas ;

— forma dinţilor şi golurilor, definite prin profilul transversal şi longitudinal.

În figura 4.1 se prezintă principalele elemente ale unei danturi, utile la prelucrare.

Dintre diferitele posibilităţi de combinare a acestor elemente se vor considera numai danturile a căror suprafaţă primitivă este suprafaţa de rotaţie şi care au pasul constant.

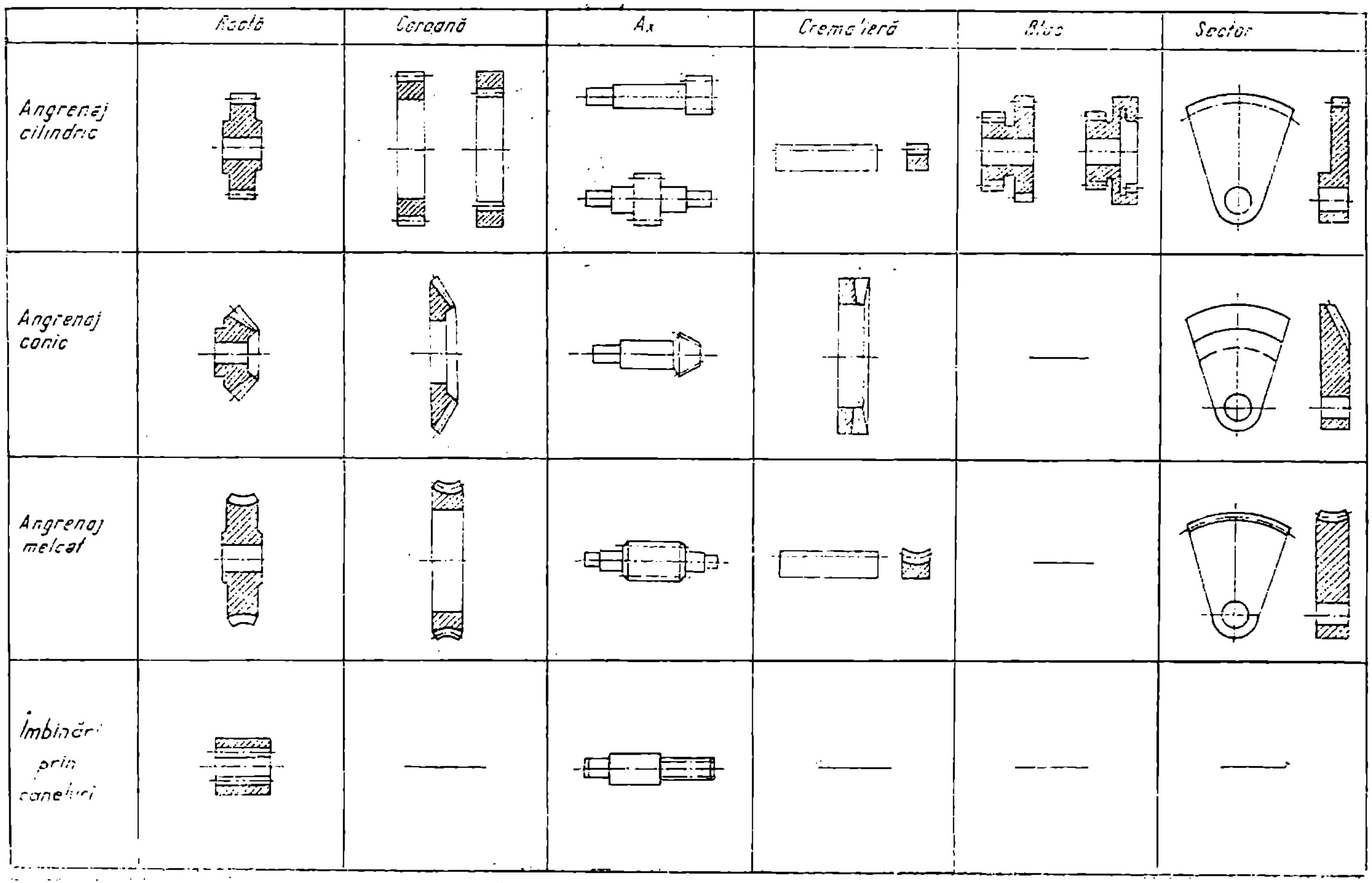


Fig. 4.2. Tipuri constructive de piese cu dantură.

După precizie, roțile dințate se încadrează în 12 clase de precizie, clasa 1 fiind cea mai precisă.

Piesele cu dantură pot fi : roți, coroane, axuri, cremaliere, blocuri, bucșe, sectoare. Cîteva din acestea, mai des întîlnite, sînt prezentate în figura 4.2, fără a epuiza toate posibilitățile. Forma constructivă a piesei determină în general procesul tehnologic pînă la danturare și, de multe ori, determină și mașina, scula și dispozitivele utilizate pentru danturare.

4.2. Posibilitățile de prelucrare prin așchiere a danturilor

Prelucrarea danturilor pune două probleme deosebite a căror rezolvare stă la baza clasificării procedeelor de prelucrare, în afară de tipul de operație utilizat (frezare, broșare, rectificare etc.) ; acestea sînt :

— obținerea profilului transversal al danturii ;

— asigurarea periodicității danturii sau divizarea.

Obținerea profilului se realizează în două moduri :

— *prin copiere*, cînd profilul este realizat folosind un șablon sau o sculă al cărui tăiș are forma identică formei profilului golului dintre dinți (fig. 4.3, *a*) ;

— *prin rulare*, cînd profilul rezultă ca înfășurătoare a pozițiilor succesive ale sculei, a căror formă este diferită de forma golului dintre dinți (fig. 4.3, *b*).

Divizarea, necesară obținerii pasului danturii, se poate realiza :

— *intermitent*, cînd prelucrarea danturii se face dinte cu dinte, după prelucrarea fiecărui dinte piesa rotindu-se cu unghiul corespunzător pasului unghiular ;

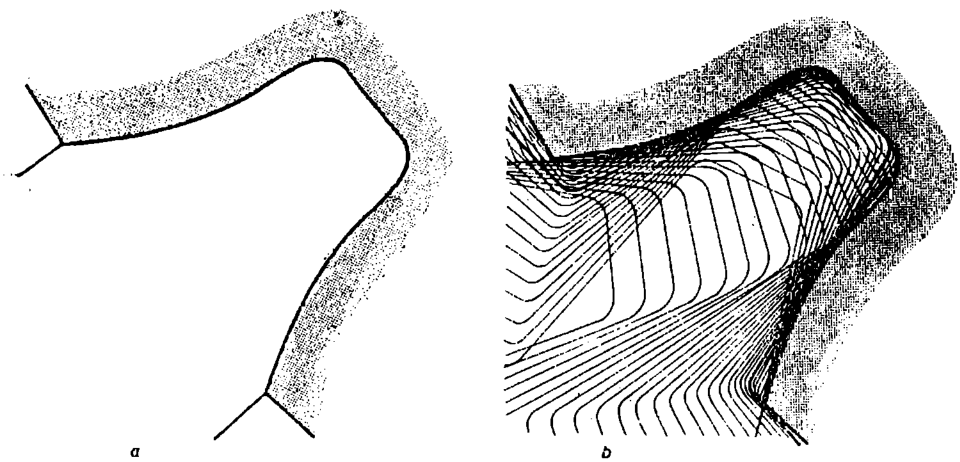


Fig. 4.3. Metode de prelucrare a danturilor :
a — prin copiere ; *b* — prin rulare.

— *continuu*, cînd procesul de prelucrare nu se întrerupe, prelucrarea făcîndu-se simultan la mai mulți dinți, realizarea pasului fiind asigurată prin construcția sculei. Un caz particular al divizării continue este acela cînd toți dinții se prelucrează deodată ;

— *combinat*, cînd divizarea este continuă în cadrul unui grup de mai mulți dinți alăturați, după realizarea cărora piesa se rotește cu un unghi corespunzător unui grup de dinți.

Principalele procedee de prelucrare prin așchiere a roților dințate sînt sintetizate în tabelul 4.1, fiind grupate după tipul prelucrării și conținînd principalele caracteristici ale fiecărui procedeu.

Tabelul 4.1

Procedee de prelucrare a danturilor cilindrice

Procedeul-varianta		Clasa de precizie	Rugozitatea μm	Gradul de universalitate a utilajului	Tipul de producție
Frezare	Copiere (freză modul)	⩾8	3,2—6,4	universal	de unicate, de serie mică
	Rulare (freză melc)	7, 8, 9	1,6—3,2	specializat	în serie mare
Rabotare, mortezare	Cuțit pieptene	4, 5, 6	1,6—3,2	specializat	de serie mică
	Cuțit roată	6, 7, 8	1,6—3,2	specializat	în serie mare, în masă
Broșare		⩾6	0,8—3,2	universal, specializat	în masă
Severuire		⩾5	0,2—0,6	specializat	în serie mare, în masă
Honuire		⩾5	0,2—0,6	specializat	în serie mare
Rectificare	Copiere	⩾3	0,1—0,8	universal, specializat	în serie mare, în masă
	Rulare	⩾3	0,1—0,8	specializat	de serie mică, în serie mare
Rodare, lepuire		⩾3	0,1—0,4	specializat	de serie mică, în serie mare

4.3. Rularea

În timpul funcționării, o roată dințată se găsește în angrenare cu roata conjugată, în așa fel încît cercurile de rostogolire, care sînt în acest caz și suprafețe primitive, să se rostogolească (să ruleze) fără alunecare unul pe altul. Prin această mișcare dinții roții conducătoare vor fi în fiecare moment în contact cu cel puțin un dinte al roții conduse, linia de contact deplasîndu-se de la cap spre fundul dintelui roții conduse.

Dacă roata conducătoare este înlocuită cu o sculă, iar roata condusă cu un semifabricat nedanturat, în urma angrenării (însoțită evident de o mișcare de așchiere) va rezulta o roată prelucrată. Pentru realizarea unei

roți dințate este deci nevoie de o sculă care să aibă profilul roții conjugate. Acest lucru ar face ca rularea să nu aibă nici un avantaj față de copiere.

În această situație, dantura cu profil evolventic prezintă o serie de avantaje esențiale : o roată oarecare, cu un modul și un număr de dinți date, poate angrena cu orice roată dințată cu profil evolventic, indiferent de numărul de dinți, deci o sculă dată poate servi pentru prelucrarea tuturor roților cu același modul. Mai mult, cremaliera (roata dințată cu $z \to \infty$) are profilul format din linii drepte, deci ușor de confecționat. De aceea, în practică, se utilizează frecvent scule pentru diferite procedee de prelucrare prin rulare, care reproduc profilul cremalierei.

Pentru asigurarea rulării, între sculă și semifabricat trebuie să existe o mișcare identică cu mișcarea de angrenare dintre roata prelucrată și roata dințată sau cremaliera reprezentată de sculă. Această mișcare este deosebită de mișcarea principală care este paralelă cu linia dintelui. În cazul cînd scula are formă de roată, raportul între turația sculei și piesei poate fi calculat din relația :

$$\boxed{n_p z_p = n_s z_s}, \tag{4.1}$$

unde :

n_p, z_s sînt turația piesei, respectiv a sculei ;

n_p, z_s — numărul de dinți ai piesei, respectiv ai sculei.

În cazul cînd scula are formă de cremalieră, raportul între viteza deplasării liniare a cremalierei și turația piesei este dat de relația :

$$\boxed{v_s = \pi n_p m z_p}, \tag{4.2}$$

unde :

m este modulul danturii ;

v — viteza de deplasare a cremalierei.

O situație particulară se întîlnește în cazul cînd profilul sculei-cremalieră se obține cu ajutorul unui melc (șurub) care are pasul egal cu pasul cremalierei și axa paralelă cu axa cremalierei. Prin rotirea melcului, profilul se deplasează cu un pas la o rotație (dacă melcul are mai multe începuturi, deplasarea este de atîtea ori mai mare). Această situație este similară funcționării unui angrenaj melcat. Legătura între turația melcului sculă și a roții-piesă este dată de relația :

$$\boxed{n_p z_p = n_s i}, \tag{4.3}$$

unde i este numărul de începuturi al melcului.

Mișcarea de rulare între sculă și piesă este asigurată de existența unui lanț cinematic special, *numit lanț cinematic de rulare*, care trebuie să se găsească în structura mașinilor-unelte de prelucrat roți dințate prin metoda rulării.

Legată de problema rulării este și problema divizării continue. Această metodă de divizare este realizată în cazul unora din procedeele de rulare (fig. 4.4), astfel :

— în cazul sculei roată și a sculei melc (care se mai numește și șurub fără sfîrșit) dinții, respectiv spirele sculei, asigură continuitatea procesului de rulare pentru toți dinții roții, indiferent de numărul acestora ;

— în cazul sculei cremalieră, rularea se va desfășura numai pentru un număr de dinți al roții, egal cu numărul de dinți al cremalierei, după care este necesară o deplasare a cremalierei înapoi, pentru a continua rularea cu o altă grupă de dinți. Cazuri particulare sînt acelea în care :

— cremaliera are un dinte și divizarea se face prin fiecare dinte al piesei ;

— numărul dinților cremalierei este mai mare decît numărul dinților piesei și deci se poate asigura divizarea continuă.

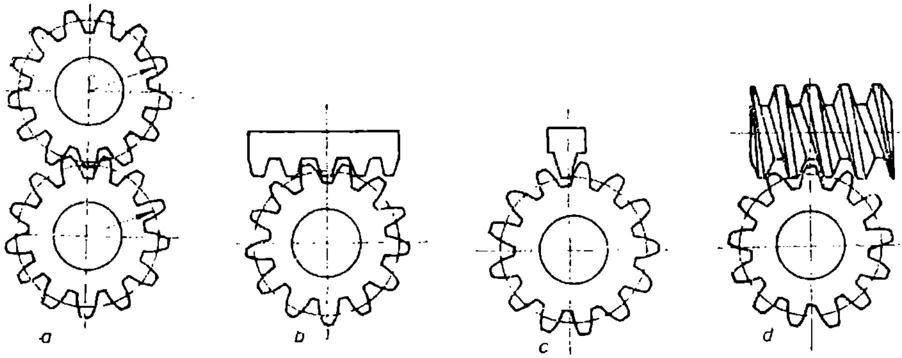


Fig. 4.4. Tipuri de scule folosite la prelucrarea prin rulare :
a — sculă roată ; b — sculă cremalieră cu mai mulți dinți ; c — sculă cremalieră cu un dinte ; d — sculă melc.

Toate sculele folosite la procedeele de prelucrare prin rulare se pot încadra în situațiile prezentate mai sus și anume : roată melc, cremalieră cu un dinte, cremalieră cu mai mulți dinți.

Rularea poate fi utilizată pentru prelucrarea oricărui tip de dantură, cu deosebire că în afara danturii evolventice, este necesară cîte o sculă pentru fiecare modul precum și pentru fiecare număr de dinți.

4.4. Prelucrarea danturilor cilindrice evolventice

a. **Prelucrarea prin frezare.** 1) *Prelucrarea prin copiere.* Prin acest procedeu se prelucrează roțile dințate de precizie scăzută. Prelucrarea propriu-zisă este asemănătoare frezării cu scule profilate, descrisă în capitolul 1.

Profilul sculei așchietoare are exact forma golului dintre dinți. Frezarea se execută dinte cu dinte, discontinuu. După terminarea unui gol, roata se rotește cu unghiul necesar aducerii golului următor în dreptul sculei.

Mișcările necesare prelucrării sînt :

— mișcarea principală realizată de sculă ;

— mișcarea de avans în direcția liniei dintelui ;

— mișcarea de divizare, executată de piesă, după prelucrarea fiecărui dinte.

Mașinile-unelte utilizate pentru frezarea prin copiere sînt, cel mai frecvent, mașini de frezat universale. Foarte rar se utilizează mașini

speciale. Roata se rotește cu un cap divizor, în cazul mașinilor de frezat universale, sau cu un mecanism divizor, în cazul folosirii mașinilor speciale.

Se pot prelucra atît danturi cu dinți drepți, cît și danturi cu dinți înclinați. În acest caz, se procedează ca la frezarea canalelor elicoidale, o roată dințată cu dinți înclinați putînd fi considerată ca o porțiune dintr-un șurub cu *z* începuturi.

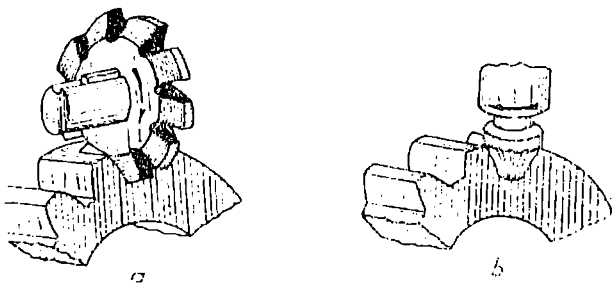


Fig. 4.5. Prelucrarea danturilor prin frezare cu freză modul: *a* — disc; *b* — deget.

Scula folosită este o freză disc (fig. 4.5, *a*), pentru module pînă la 20 mm, sau o freză deget (fig. 4.5, *b*), pentru module mai mari decît 10 mm. Dinții acestor freze sînt detalonați.

Pentru o execuție precisă prin copiere a roților dințate este necesar ca pentru fiecare modul și fiecare număr de dinți să se folosească o altă sculă. În practică, acest lucru nu este posibil și de aceea domeniul numerelor de dinți uzuali este acoperit de o serie de freze modul, care are 8 freze pentru modulele mici și 15 freze pentru modulele mai mari de 10 mm. O anumită freză poate tăia roți dințate avînd un anumit număr de dinți (sau un domeniu de numere de dinți), după cum se arată în tabelul 4.2. Astfel freza numărul 4 din seria de 8 freze, poate tăia numai

Tabelul 4.2

Serii de freze

Nr. frezei	Numărul de dinți pentru care poate fi folosită	
	seria cu 15 freze modul	seria de 8 freze modul
1	12	12— 13
$1^1/_2$	13	—
2	14	14— 16
$2^1/_2$	15— 16	—
3	17— 18	17— 20
$3^1/_2$	19— 20	—
4	21— 22	21— 25
$4^1/_2$	23— 25	—
5	26— 29	26— 34
$5^1/_2$	30— 34	—
6	35— 41	35— 51
$6^1/_2$	42— 54	—
7	55— 79	55— 134
$7^1/_2$	80—134	—
8	135 — cremalieră	135 — cremalieră

roți cu 21, 22, 23, 24 sau 25 de dinți. Productivitatea metodei este destul de mică și de aceea nu se folosește decît în cadrul producției de serie mică și unicate. De asemenea, precizia este mică deoarece frezele modul au profile aproximative.

Procedeul poate fi utilizat ca o operație de degroșare, în acest caz folosindu-se freze cu profile simplificate. În figura 4.6 se pot vedea cîteva tipuri de freze modul-disc și deget, utilizate pentru finisare sau degroșare.

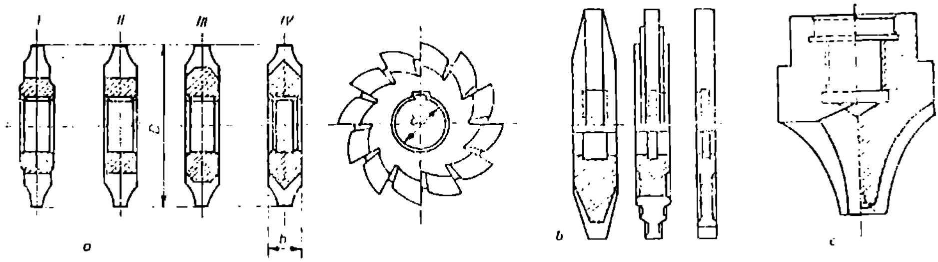


Fig. 4.6. Freze modul :
a — disc de finisare pentru diferite numere de dinți ; *b* — disc de degroșare ; *c* — deget.

Regimurile de așchiere folosite sînt aceleași cu cele utilizate la frezarea canalelor, ținînd însă cont că frezele modul se execută cel mai frecvent din oțel rapid și, mai rar, cu plăcuțe dure lipite. Scule cu plăcuțe demontabile se utilizează numai în cazul modulelor mari.

2) *Prelucrarea prin rulare.* Frezarea danturilor cilindrice prin metoda rulării se face utilizînd freza melc (fig. 4.7). Acesta este cel mai răspîndit

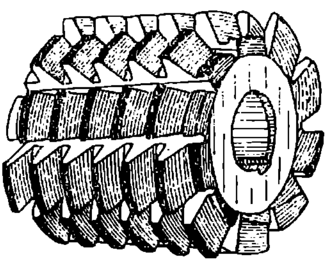


Fig. 4.7. Freză melc.

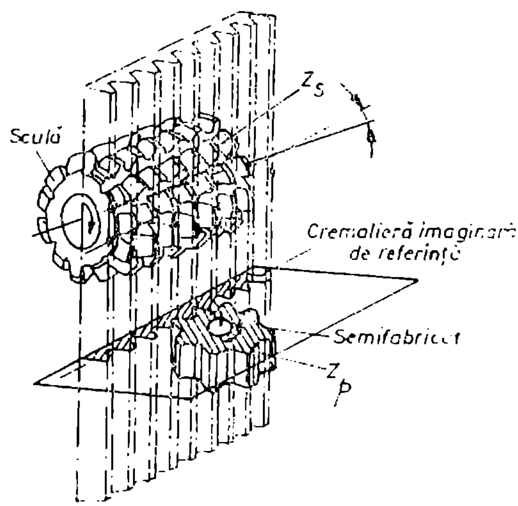


Fig. 4.8. Prelucrarea danturilor cu freză melc.

procedeu de danturare. Pentru realizarea prelucrării sînt necesare următoarele mișcări (fig. 4.8) :

— mișcarea principală, realizată prin rotirea frezei melc ;

— mișcarea de rulare, realizată de roată, corelată cu mișcarea principală, prin relația 4.3 ;

— mişcarea de avans axial, paralelă cu axa roţii dinţate ;
— mişcarea de avans radial ;
— mişcarea de avans tangenţial.

Mişcarea de avans axial este necesară realizării profilului dintelui pe toată lăţimea roţii. Mişcările de avans radial şi tangenţial sînt utilizate la începutul prelucrării pentru pătrunderea frezei în material (se poate utiliza una sau alta din mişcări, în funcţie de mărimea modulului şi lăţimea roţii). Mişcarea radială serveşte şi la reglarea iniţială a distanţei dintre sculă şi axa piesei, în funcţie de diametrul acesteia.

Maşina-unealtă folosită are în mod obişnuit axul portpiesă vertical. La maşinile de dimensiuni mijlocii (diametrul maxim de prelucrare al piesei pînă la 1 000 mm), scula execută mişcarea principală precum şi avansurile axial şi tangenţial, iar masa portpiesă (cu piesa) mişcarea de rulare şi avansul radial. Reglarea parametrilor diferitelor mişcări se face cu ajutorul unor roţi de schimb. Maşinile actuale pot prelucra piese pînă la 16 000 mm diametru. În ţara noastră, la Întreprinderea mecanică Cugir se construiesc maşini de frezat roţi dinţate cu freză melc, cu diametrul de prelucrare cuprins între 250 şi 1 250 mm.

Prelucrarea se face continuu, divizarea fiind asigurată de construcţia sculei. Datorită faptului că spira formată de dinţii frezei melc nu este perpendiculară pe axa acesteia, ci formează un unghi cu acesta, freza melc trebuie înclinată în aşa fel, încît spira să fie paralelă cu linia dintelui. Unghiul de înclinare al frezei depinde de unghiul θ şi sensul elicei frezei melc, în cazul roţilor cu dinţi drepţi. În cazul roţilor cu dinţi înclinaţi, intră în calcul şi unghiul de înclinare al dinţilor β, precum şi sensul acestei înclinări (fig. 4.9). Pentru a asigura avansul frezei în lungul liniei dintelui este necesară combinarea avansului axial cu cel tangenţial. Tre-

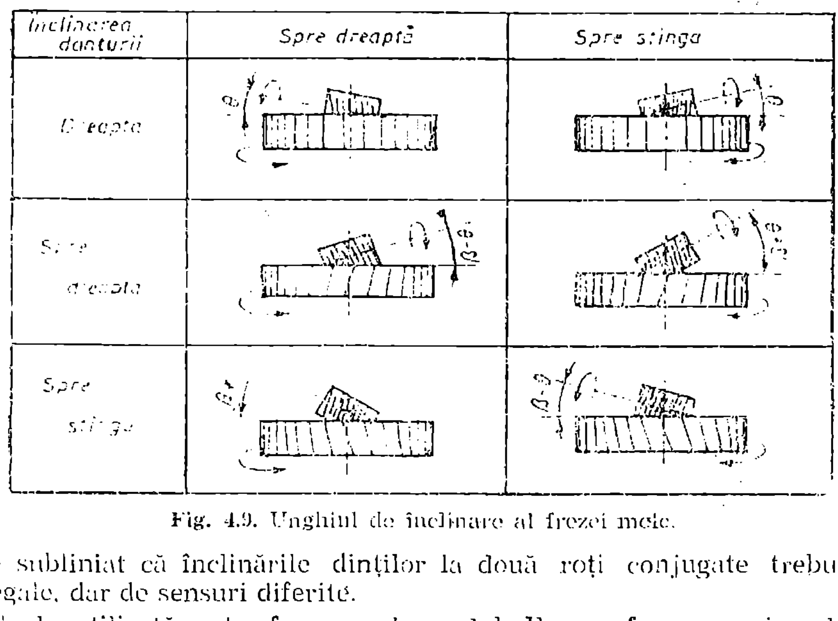


Fig. 4.9. Unghiul de înclinare al frezei melc.

buie subliniat că înclinările dinţilor la două roţi conjugate trebuie să fie egale, dar de sensuri diferite.

Scula utilizată este freza melc-modul. Ea are forma unui melc (de obicei cu 1 sau 2 începuturi) a cărui spiră este întreruptă de o serie de canale perpendiculare pe spiră care determină dinţii frezei. Dinţii sînt

detalonați. În general, frezele sînt monobloc, dar se construiesc în ultimul timp și freze cu dinți demontabili (fig. 4.10).

Frezarea se poate face în sensul sau în contra avansului (fig. 4.11, *a* și *b*). Pătrunderea frezei în spiră, în cazul cînd semifabricatul nu a fost degroșat, se poate face în trei moduri: axial, radial (fig. 4.11, c și *d*) și tangențial. Procedeul acoperă întregul domeniu al producției în serie (de la seria mică la seria mare).

b. **Prelucrarea prin broșare.** Acest procedeu se utilizează în exclusivitate la producția în serie mare și în masă. Există mai multe variante care utilizează mașini de broșat obișnuite sau specializate. Dintre acestea, două se prezintă în figura 4.12. Procedeul din figura 4.12, *a* reprezintă realizarea prelucrării prin metoda rulării cu divizarea discontinuă,

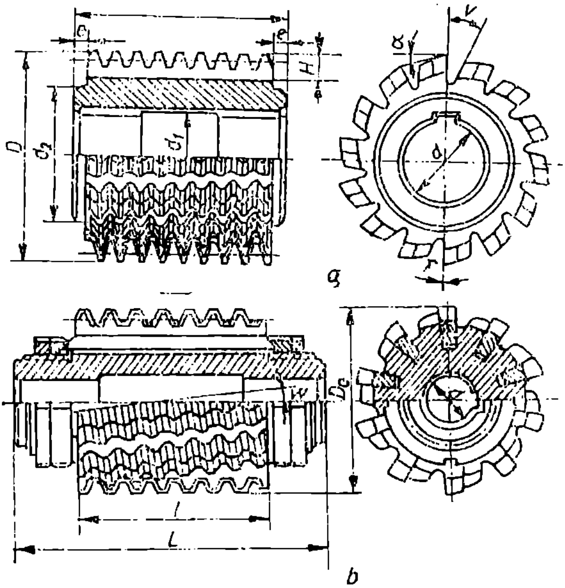


Fig. 4.10. Tipuri constructive de freze melc: *a* — monobloc; *b* — cu dinți demontabili.

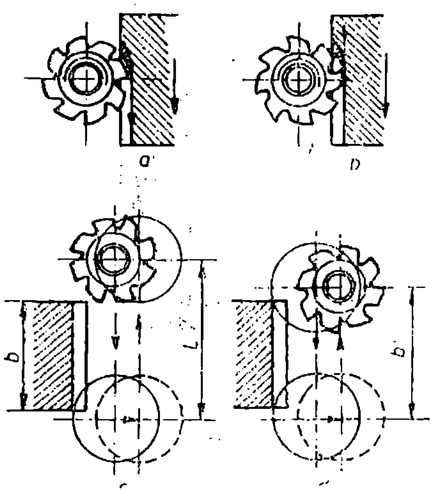


Fig. 4.11. Metode de frezare cu freza melc:
a — în sensul avansului; *b* — contra avansului; *c* — cu pătrundere axială; *d* — cu pătrundere radială.

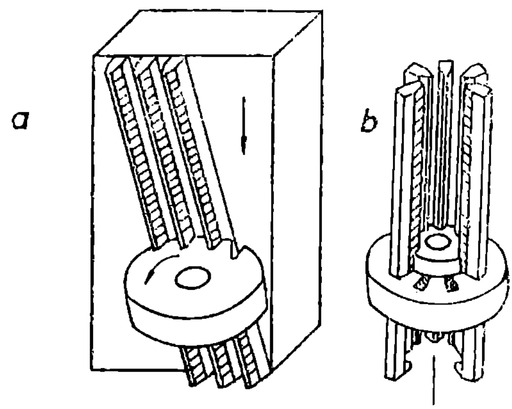


Fig. 4.12. Prelucrarea danturilor prin broșare:
a — prin rulare; *b* — prin copiere.

la fiecare cursă realizîndu-se complet un dinte. Celălalt procedeu folosește metoda copierii și realizează simultan toți dinții piesei (în fig. 4.12, *b*, două șiruri de dinți ale sculei sînt îndepărtate pentru a se vedea modul de lucru).

Productivitatea procedeului ajunge pînă la de 10 ori cea a procedeelor obișnuite (frezare, mortezare etc.). Precizia depășește de asemenea precizia procedeelor obișnuite, însă costul sculelor și al dispozitivelor (sau chiar al mașinilor) speciale este foarte ridicat.

c. **Prelucrarea prin mortezare.** 1) *Prelucrarea cu cuțit pieptene.* La prelucrarea roților dințate cu cuțit pieptene se folosește metoda rulării, divizarea făcîndu-se dinte cu dinte sau combinat, mai rar continuu.

Mișcările necesare realizării dinților (fig. 4.13) sînt :

— mișcarea principală, rectilinie-alternativă, executată de scula *1*, în lungul liniei dintelui v;

— mișcarea de avans radial s_r;
(rotație) corelate prin relația 4.2. Mișcarea de rulare a sculei poate fi utilizată totodată ca avans tangențial ;

— mișcarea de rulare s_r executată de sculă (translație) și de piesa *2* ;

— mișcarea de divizare, executată de sculă prin revenirea ei la poziția inițială pe direcția avansului tangențial, roata rămînînd nemișcată.

Linia profilului este realizată de mișcarea principală. Pătrunderea se realizează de regulă tangențial (mai rar radial), mișcarea radială fiind utilizată în special pentru reglare.

Roțile dințate cu dinți înclinați se realizează prin înclinarea berbecului cu unghiul β de înclinare a danturii (fig. 4.14).

Scula folosită este cuțitul pieptene, caracterizat prin faptul că are o formă foarte simplă și deci poate fi realizat cu o precizie deosebit de mare.

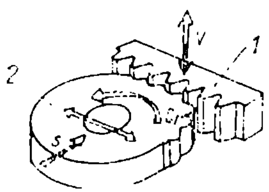


Fig. 4.13. Prelucrarea prin mortezare cu cuțit pieptene.

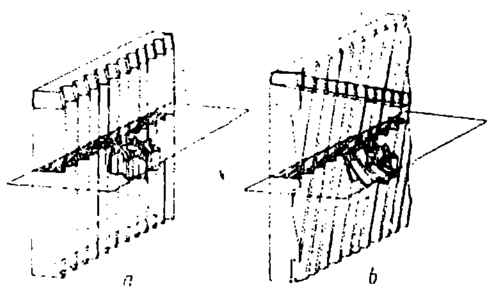


Fig. 4.14. Prelucrarea danturii cu dinți drepți *(a)* și cu dinți înclinați *(b)*.

Se utilizează cuțite cu dinți drepți sau cu dinți înclinați. Roțile cu dinți înclinați se pot realiza și cu cuțite cu dinți drepți (fig. 4.15).

Procedeul are o precizie deosebit de mare, dar productivitatea este relativ mică, iar mașina foarte scumpă. Se utilizează la producție de serie mică și unicate, pentru roți dințate de înaltă precizie.

2) *Mortezarea cu cuțit roată.* Acesta este unul din cele mai răspîndite procedee de prelucrare a roților dințate cilindrice, avînd o serie de avantaje față de celelalte procedee. Procedeul (fig. 4.16) permite prelucrarea roților dințate cu dantură interioară (fiind singurul care poate fi utilizat în acest scop). De asemenea, se pot prelucra dinții roților ce formează blocuri și care nu pot fi prelucrate prin frezare cu freză melc (decît dacă

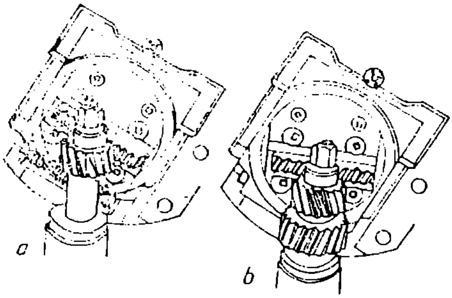


Fig. 4.15. Prelucrarea roţilor cu dinţi înclinaţi :
a — cu cuţit cu dinţi direcţi ; *b* — cu cuţit cu dinţi inclinaţi.

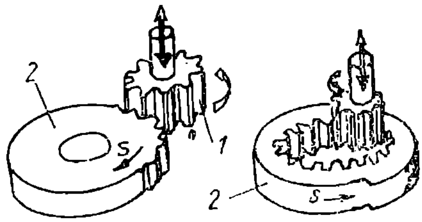


Fig. 4.16. Prelucrarea prin mortezare cu cuţit roată a roţilor cu dinţii drepţi :
a — prelucrarea danturilor exterioare ; *b* — prelucrarea danturilor interioare ; 1 — sculă ; 2 — piesă.

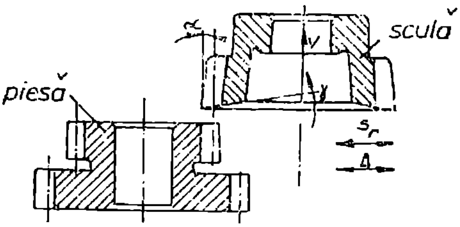


Fig. 4.17. Prelucrarea prin mortezare a blocurilor baladoare.

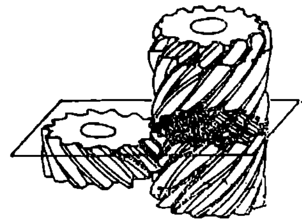


Fig. 4.18. Prelucrarea prin mortezare cu cuţit roată a roţilor cu dinţi înclinaţi.

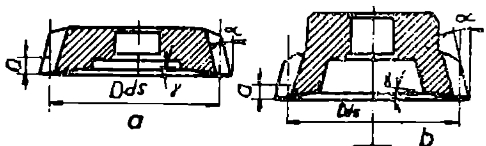
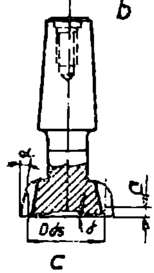


Fig. 4.19. Tipuri constructive de cuţite roată :
a — disc ; *b* — oală ; *c* — cu coadă.



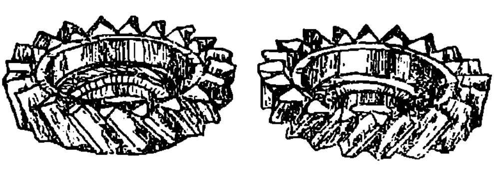


Fig. 4.20. Cuţite roată pentru prelucrarea roţilor conjugate, cu dinţii inclinaţi.

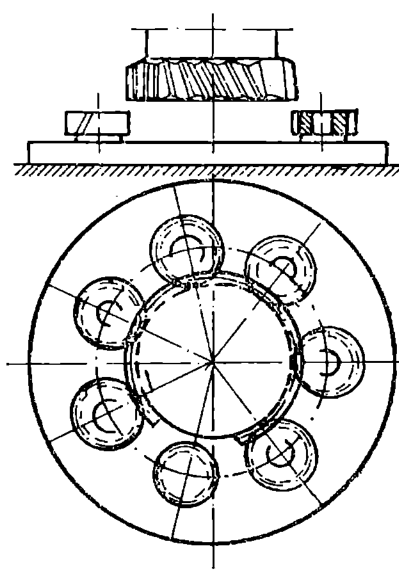


Fig. 4.21. Metodă de prelucrare cu cuţit roată, de mare productivitate.

între roțile care formează blocul există o distanță suficientă, care permite ieșirea frezei melc) (fig. 4.17).

Mișcările necesare procesului de prelucrare sînt (v. fig. 4.16) :

— mișcarea principală v, executată de sculă. În timpul cursei de întoarcere, scula trebuie să se retragă, pentru a ieși din contact cu piesa, acest lucru fiind asigurat de un mecanism cu camă (mișcarea Δ) ;

— mișcarea de rulare s, executată de piesă și de sculă, corelate prin relația 4.1 ;

— mișcarea de avans radial s_r.

Mișcările acestei mașini sînt mai simple față de cele ale mașinilor de frezat cu freză melc sau de mortezat cu cuțite pieptene. Pentru realizarea danturii înclinate este necesară o mișcare suplimentară de rotație a sculei, corelată cu mișcarea alternativă, astfel încît mișcarea principală devine o mișcare elicoidală (fig. 4.18). Acest lucru este asigurat de o camă elicoidală, aflată pe arborele sculei. Mașinile lucrează în general în ciclu semiautomat, comandat de un mecanism cu camă, care asigură pătrunderea și prelucrarea roții dințate în una sau mai multe treceri.

Scula folosită — cuțitul roată — este scumpă și complicată, deoarece prelucrarea și reascuțirea ei ridică probleme deosebite. Deși dantura este cilindrică, forma roții este ușor conică, pentru a asigura un unghi de așezare în timpul așchierii (fig. 4.19). Cuțitul roată se construiește fie cu coadă, fie cu alezaj, prinderea în arborele mașinii făcîndu-se direct sau prin intermediul unui dorn. Pentru prelucrarea roților cu dinți înclinați sînt necesare perechi de cuțite roată, cu dinți înclinați în sensuri opuse (fig. 4.20). Cuțitele roată sînt confecționate de regulă din oțel rapid.

Din punctul de vedere al preciziei, tăierea danturilor cu cuțit roată permite obținerea roților dințate pînă la clasa a 6-a de precizie.

Productivitatea procedeului este mai mare ca aceea a mortezării cu cuțit pieptene. Procedeul permite variante de mare productivitate, ce pot fi utilizate la producția în masă. Astfel, de exemplu, o mașină specială utilizînd un cuțit roată de mari dimensiuni taie simultan mai multe piese. Pentru a simplifica prelucrarea, cuțitul are un sector fără dinți, permițînd astfel lucrul cu avans tangențial, realizat chiar de mișcarea de rulare. Porțiunea fără dinți trece pe rînd în dreptul fiecărui post, permițînd schimbarea piesei cu un nou semifabricat și începerea așchierii (fig. 4.21).

d. **Prelucrarea prin severuire.** Prelucrarea prin șeveruire sau răzuire este un procedeu de finisare a roților dințate, din aliaje neferoase sau oțeluri netratate termic.

Principiul prelucrării este următorul : la angrenarea a două roți dințate cu același modul, dar cu axe neparalele, între flancurile celor două roți apare o mișcare relativă în lungul dintelui. Dacă una din roți este confecționată dintr-un material mai dur și pe suprafața dinților ei se execută canale care generează muchii așchietoare, aceasta va răzui flancurile celeilalte roți (fig. 4.22), îndepărtînd un strat foarte subțire de material (0,01—0,04 mm).

Mişcările necesare şeveruirii sînt :

— mişcarea principală de rotaţie a sculei, care generează totodată şi mişcarea de rulare, piesa fiind liberă pe axul său ;

— mişcarea de avans, rectilinie-alternativă, a cărei direcţie poate fi paralelă, perpendiculară sau formînd un unghi oarecare cu axa piesei.

Maşina de şeveruit trebuie să asigure o presiune radială a sculei faţă de roată. De obicei, pe maşinile de şeveruit se poate asigura, printr-o mişcare mai complexă, bombarea dinţilor (subţierea cu circa 0,01—0,03 mm a marginilor dintelui) pentru asigurarea contactului între dinţi pe o linie atunci cînd arborii se încovoaie sub efectul forţelor radiale din angrenare.

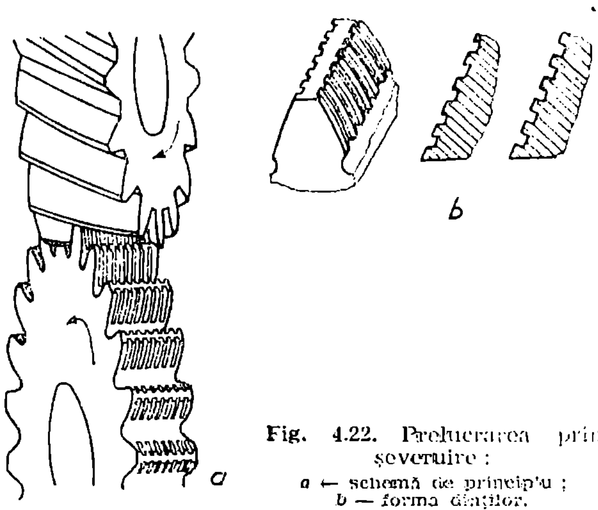


Fig. 4.22. Prelucrarea prin şeveruire :
a — schemă de principiu ;
b — forma dinţilor.

Scula folosită, numită *şever*, se aseamănă cu o roată dinţată, dar are pe flancurile dinţilor canale dreptunghiulare. Uneori, şeverul roată este înlocuit cu un şever cremalieră, procedeul modificîndu-se corespunzător.

Şeveruirea nu permite corectarea totală a erorilor de formă, a unei roţi dinţate, dar poate să le reducă, mărind precizia cu o clasă. Deci, precizia unei roţi şeveruite depinde foarte mult de precizia roţii nefinisate. În schimb şeveruirea îmbunătăţeşte foarte mult rugozitatea. Datorită costului ridicat al sculelor, a durabilităţii lor scăzute dar şi a productivităţii mari, şeveruirea este un procedeu aplicabil la producţia în serie şi în masă.

Un procedeu asemănător, dar mai puţin răspîndit, este honuirea roţilor dinţate. Aceasta se aseamănă cu şeveruirea, dar scula este o roată dinţată confecţionată din material abraziv. Procedeul se utilizează pentru îmbunătăţirea rugozităţii, fără să influenţeze esenţial precizia formei şi se aplică roţilor din oţel tratate termic.

e. **Rectificarea roţilor dinţate.** 1) *Probleme generale.* Rectificarea roţilor dinţate este o operaţie de finisare care se aplică roţilor dinţate de precizie, tratate termic. În timpul tratamentului termic (călire, îmbunătăţire etc.), roţile dinţate suferă deformaţii, datorită diferenţelor de secţiune dintre dinte şi corpul roţilor. Aceste deformaţii sînt suficient de mari ca să pună în pericol buna funcţionare a angrenajului. Datorită durităţii mari a materialului tratat termic, prelucrarea nu se mai poate face cu scule confecţionate din materiale obişnuite (oţel pentru scule, oţel rapid, carburi metalice), ci numai cu ajutorul sculelor abrazive.

Procedeele de rectificare se pot realiza prin copiere sau rulare, cu divizare intermitentă sau continuă. Spre deosebire de şeveruire sau honuire,

în timpul rectificării este generat un pas propriu și un profil, deci se poate realiza o precizie practic independentă de precizia anterioară a roții.

Una dintre problemele care apar la rectificare este *îndreptarea*, respectiv *profilarea pietrelor*. Menținerea pietrei în toleranțe de formă cît mai reduse este condiția asigurării calității pieselor. De aceea, procedeele care pot asigura îndreptarea sau profilarea pietrei cu mijloacele cele mai simple și sigure vor avea eficiența cea mai ridicată (v. cap. 1).

În general prelucrarea prin rectificare este un procedeu scump și puțin productiv. Cu toate acestea actualmente nu se mai concepe un angrenaj important cu dinți nerectificați.

2) *Rectificarea prin copiere*. Procedeul utilizează o piatră de rectificat, care are profilul exact al golului dintre dinți sau numai al flancului unui dinte.

Mișcările necesare procesului de prelucrare sînt :

— mișcarea principală a pietrei de rectificat ;

— mișcarea de avans longitudinal, alternativ, în lungul liniei dintelui, care poate fi executată de sculă sau de piesă ;

— mișcarea de avans radial, care stabilește adîncimea de așchiere, executată de sculă sau de piesă ;

— mișcarea de divizare, executată de piesă.

La prelucrarea pieselor cu dinți înclinați este necesară și o mișcare de rotație a piesei, corelată cu avansul longitudinal. Procedeul are mai multe variante, care se deosebesc după modul cum rectifică cele două flancuri opuse ale dinților ;

— rectificarea simultană a celor două flancuri cu o piatră ce are profilul golului (fig. 4.23, *a*) ;

— rectificarea simultană a celor două flancuri cu două pietre, care au fiecare profilul unui flanc, rectificarea făcîndu-se în goluri diferite (fig. 4.23, *b*) ;

— rectificarea succesivă a celor două flancuri cu aceeași piatră, care are ambele profile, dar este mai îngustă decît golul dintelui. Rectificarea se face mai întîi pentru un flanc la toți dinții după care se rectifică și cel de al doilea flanc (fig. 4.23, c).

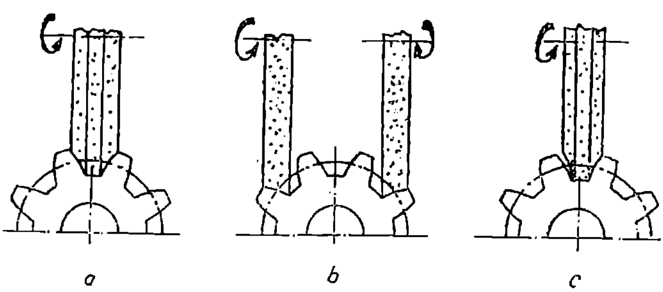


Fig. 4.23. Prelucrarea danturilor prin rectificare prin copiere.

Dezavantajul principal (același ca la toate procedeele de copiere) este necesitatea existenței unui șablon pentru fiecare modul și număr de dinți, precum și o uzură accentuată a discului la modificarea profilului dintelui rectificat. Profilarea pietrei se face cu ajutorul unui dispozitiv cu pantograf (v. cap. 1).

Procedeul se poate realiza la producția în serie mare.

3) *Rectificarea prin rulare*. Acesta este cel mai răspîndit procedeu de rectificare și folosește o piatră abrazivă, care are o suprafață conică sau plană.

Față de mișcările necesare la rectificarea prin copiere, la acest procedeu apare necesitatea unei mișcări de rulare între sculă (care materializează un dinte al cremalierei) și piesă. Această mișcare constă în rotația piesei și o mișcare de translație care poate fi executată fie de sculă fie de piesă (fig. 4.24).

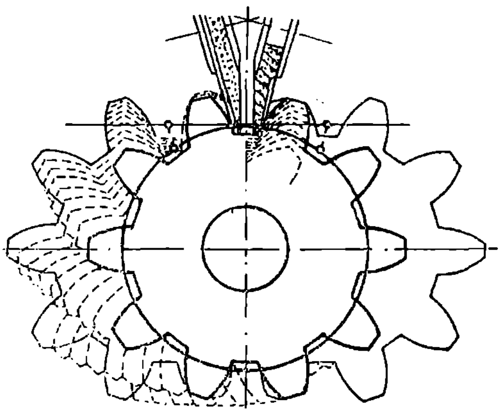


Fig. 4.24. Rectificarea danturilor prin rulare.

Variantele rectificării prin rulare sînt asemănătoare cu cele ale rectificării prin copiere, folosindu-se una sau două pietre pentru rectificarea succesivă sau simultană a celor două flancuri. În figura 4.25 sînt reprezentate cîteva variante ale rectificării prin rulare.

În ultimul timp se folosește rectificarea prin rulare cu divizare continuă și anume *rectificarea cu piatră melc* (fig. 4.26). Deși, datorită complexității mașinii, a problemelor legate de profilarea pietrei, utilajul este foarte scump, procedeul are avantajul unei productivități foarte mari, prin reducerea esențială a timpului ajutător. De asemenea, piatra de rectificat fiind foarte groasă și rezistentă față de celelalte procedee (care folosesc pietre disc subțiri) la module mici se pot prelucra roți dințate din semifabricate cilindrice pline.

f. **Alte procedee de prelucrare a danturilor.** 1) *Lepuirea și rodarea danturilor*. Aceste procedee, de finisare, au ca scop îmbunătățirea rugozității flancurilor și într-o mică măsură corectarea erorilor dimensionale, de formă și de poziție.

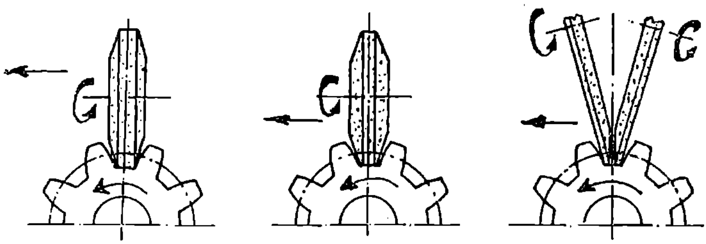


Fig. 4.25. Metode de rectificare a danturilor prin rulare.

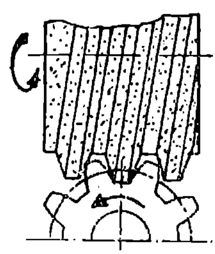


Fig. 4.26. Rectificarea danturilor cu piatră melc.

Ele constau în angrenarea roților dințate cu roți etalon, în prezența unei suspensii abrazive, în cazul lepuirii, și cu roata conjugată, în cazul rodării.

Angrenarea se realizează pe standuri speciale care permit reproducerea condițiilor de angrenare, precum și antrenarea angrenajului prin

mişcarea unei roţi (mişcarea trebuie să fie reversibilă, pentru a putea finisa ambele flancuri ale roţii dinţate).

2) *Teşirea dinţilor*. La roţile dinţate baladoare, utilizate în construcţia de autovehicule şi de maşini-unelte, este necesară o teşire a flancurilor dinţilor, pentru ca intrarea în angrenare a roţilor să se poată face uşor. Teşirea poate fi unilaterală, bilaterală sau prin rotunjire (fig. 4.27).

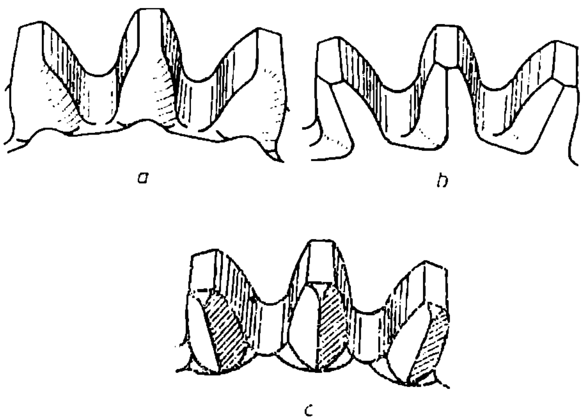


Fig. 4.27. Forme de teşire a dinţilor: *a* — rotunjit; *b* — unilateral; *c* — bilateral.

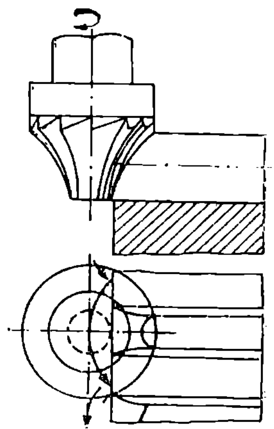


Fig. 4.28. Teşirea danturilor prin frezare cu freză deget.

Operaţia este realizată pe maşini speciale de construcţii foarte diferite, lucrînd de exemplu prin frezare cu freză deget şi divizare intermitentă (fig. 4.28).

g. **Prelucrarea cremalierelor.** Cremaliera considerată ca roată dinţată cu $z \to \infty$ poate fi realizată cu majoritatea procedeelor utilizate la prelucrarea roţilor dinţate, prin folosirea unor dispozitive suplimentare.

Deoarece cremaliera danturii evolventice are flancurile rectilinii, prelucrarea profilului ei nu este dificilă şi se poate realiza cu procedee convenţionale (frezare, mortezare, rabotare), singura problemă specifică fiind asigurarea divizării liniare.

Un exemplu de realizare a divizării liniare pe maşini de frezat, mortezat sau şeping este dat în figura 4.29. Pe arborele capului divizor se montează o roată dinţată, care angrenează cu o roată fixată pe axul şurubului, care realizează avansul longitudinal. Frezarea se face cu avans transversal şi, după prelucrarea unui dinte, maneta se roteşte cu un unghi care să asigure avansarea mesei cu un pas al cremalierei.

Procedeele de prelucrare prin rulare permit de asemenea prelucrarea cremalierelor. Pe maşina de mortezat cu cuţit pieptene prelucrarea se poate realiza direct, prin decuplarea mişcării de rulare (de fapt prelucrarea se face prin copiere cum se vede în fig. 4.30). La maşinile de frezat cu cuţit roată şi de frezat cu freză melc sînt necesare dispozitive speciale.

Pentru producţia în serie a cremalierelor există şi maşini-unelte specializate numai pentru acest scop.

h. **Prelucrarea canelurilor.** Arborii şi bucşele canelate reprezintă un exemplu tipic de piese cu dantură cilindrică neevolventică, foarte răspîndite în industria constructoare de maşini.

Procedeele de prelucrare sînt asemănătoare cu cele utilizate pentru prelucrarea roţilor dinţate evolventice. Prelucrarea canelurilor pe arbori se poate face :
— prin copiere în două operaţii (fig. 4.31) ;
— prin copiere într-o operaţie (fig. 4.32) ;
— prin rulare cu freză melc (fig. 4.33).

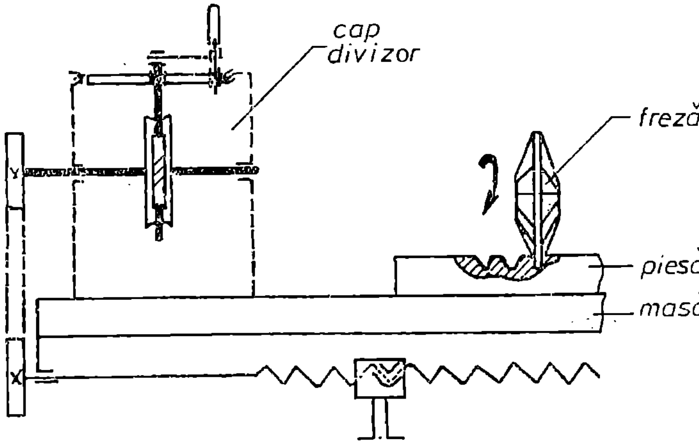


Fig. 4.29. Schema frezării cremalierelor.

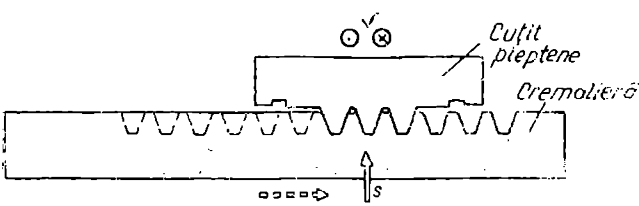


Fig. 4.30. Prelucrarea cremalierelor prin mortezare cu cuţit pieptene.

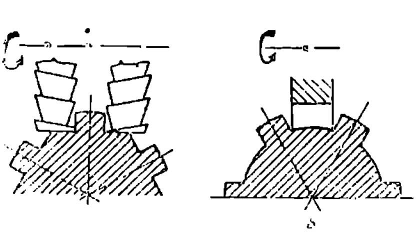


Fig. 4.34. Frezarea canelurilor prin copiere în două operaţii.

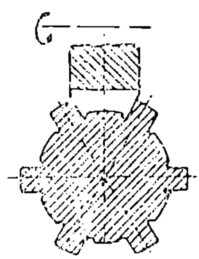


Fig. 4.32. Frezarea canelurilor prin copiere într-o operaţie.

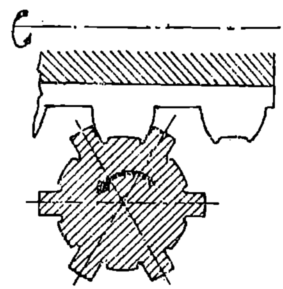


Fig. 4.33. Frezarea canelurilor prin rulare cu freză melc.

Prelucrarea prin rulare poate fi aplicată şi canelurilor, ca de altfel oricărui profil de dinte. Se ştie că pentru orice dantură există o dantură conjugată cu care aceasta poate să angreneze corect (adică să transforme mişcarea uniformă a roţii conducătoare în mişcarea uniformă a roţii conduse).

Acest lucru este valabil chiar și pentru piese cu dantură care nu sînt roți dințate, deci din punct de vedere funcțional, nu transmit mișcarea ; în timpul prelucrării acestea sînt considerate roți dințate ce angrenează cu scule conjugate. Pentru fiecare profil, modul și număr de dinți diferit sînt necesare scule diferite.

Mașinile utilizate pot fi : mașini de frezat universale sau specializate pentru frezarea canelurilor, mașini de frezat cu freză melc, mașini de frezat filet.

Sculele utilizate sînt freze disc profilate pentru prelucrările prin copiere și freze melc sau mai rar cuțite roată (pentru caneluri relativ scurte) pentru prelucrarea prin rulare.

Prelucrarea alezajelor canelate se face prin mortezare, canelură cu canelură la serii mici și unicate, și prin broșare, la serii mari și masă.

Prelucrarea de finisare a canelurilor depinde de modul de centrare. Îmbinările canelate se pot centra pe diametrul exterior, pe diametrul interior și pe flancuri (fig. 4.34).

În primul caz, se rectifică diametrul exterior al arborelui pe o mașină de rectificat exterior (fig. 4.35). Canelurile alezajului nu se pot rectifica decît foarte dificil.

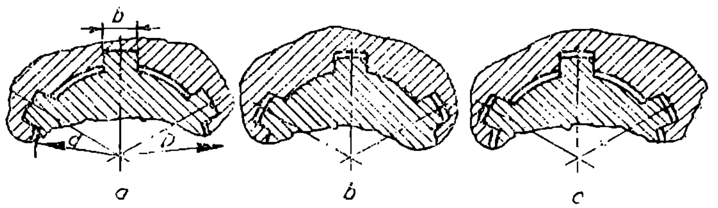


Fig. 4.34. Moduri de centrare a îmbinărilor canelate :
a — pe diametrul exterior ; *b* — pe diametrul interior ; *c* — pe flancuri.

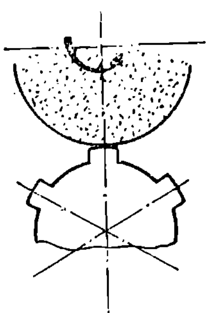


Fig. 4.35. Rectificarea diametrului exterior al arborilor canelați.

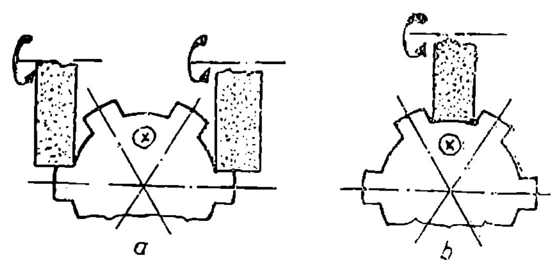


Fig. 4.36. Rectificarea flancurilor *(a)* și a fundului canelurii *(b)*.

În al doilea caz, canelurile arborelui se rectifică prin copiere asemănător cu frezarea (fig. 4.36). Diametrul interior al alezajului poate fi rectificat pe o mașină de rectificat interior.

În al treilea caz, se rectifică numai flancurile canelurilor arborelui.

i. **Prelucrarea roților melcate.** În cazul angrenajelor melcate, suprafața melcului este o suprafață elicoidală, care poate fi prelucrată prin meto-

dele cunoscute de la capitolul 2. Particularitatea acestei suprafețe constă în aceea că pasul ei trebuie să fie egal cu pasul dinților roții, adică $p = \pi m$, m fiind modulul roții melcate.

Prelucrarea roților melcate se face pe mașini de frezat cu freză melc (angrenajele melcate fiind angrenaje pretențioase, prelucrarea cu freză

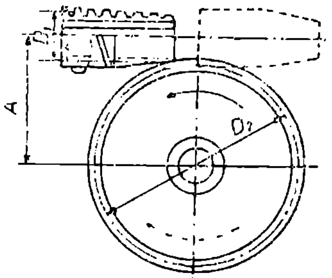


Fig. 4.37. Prelucrarea roților cu freză melc.

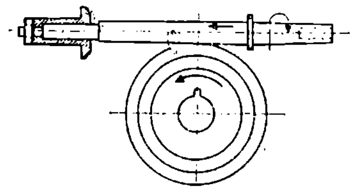


Fig. 4.38. Prelucrarea roților melcate cu cuțit rotitor.

melc modul prin copiere, deși posibilă, nu este satisfăcătoare din punctul de vedere al calității).

În cazul prelucrării roților melcate, poziția axială a frezei trebuie să rămînă constantă, de aceea nu se utilizează decît prelucrarea cu avans radial sau tangențial. Dacă prelucrarea roților dințate cilindrice se poate face cu orice freză melc care are modulul necesar, indiferent de diametrul frezei și numărul de începuturi, la frezarea roților melcate este obligatorie utilizarea unei freze melc cu caracteristici identice cu ale melcului conjugat roții prelucrate. Prelucrarea se face folosind avans radial, tangențial sau combinat. În cazul avansului radial calitatea suprafeței nu este prea bună deși productivitatea este destul de mare. Folosirea avansului tangențial generează o dantură corectă. Pentru aceasta, se folosesc de obicei freze care au porțiunea anterioară conică, în așa fel încît intrarea în așchie să se facă uniform (fig. 4.37).

Metoda combinată înlătură dezavantajele fiecărei metode ; degroșarea se realizează cu avans radial cu productivitate mare, iar finisarea cu avans tangențial.

Deoarece la producția de serie mică și unicate nu este rentabilă confecționarea unor freze melc, se poate utiliza prelucrarea cu cuțit rotitor (fig. 4.38). Acesta este de fapt o freză melc cu un singur dinte, deci ușor de confecționat, dar, evident, productivitatea lui este mică. Finisarea roților melcate se face prin severuire cu sever-melc.

4.5. **Prelucrarea danturii conice**

a. **Generalități.** Angrenajele conice transmit mișcarea între două axe concurente, avînd suprafețe de rostogolire conice. Teoria angrenării roților dințate conice este complicată și realizarea unui profil care să aibă proprietățile evolventei de la angrenajele cilindrice este practic imposibilă. Deși se utilizează profilul evolventei, înălțimea dintelui este va-

riabilă, scăzînd uniform pe măsura apropierii de vîrful conului (fig. 4.39) și deci modulul dintelui nu este constant. De aceea, valoarea de referință a modulului este valoarea sa maximă la angajamentul dat.

Rolul cremalierei de la angrenajele cilindrice îl joacă, în acest caz, roata plană care nu mai are $z \to \infty$, ci un număr de dinți maxim pentru toate roțile dințate, conjugate cu roțile dințate ale angrenajului dat.

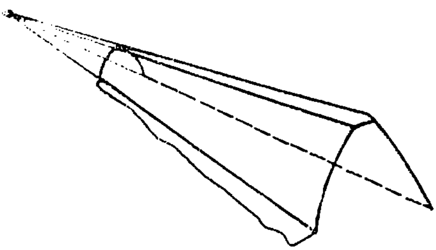


Fig. 4.39. Dintele unei roți conice.

Linia dintelui poate fi dreaptă sau curbă. Există diferite curbe folosite pentru acest scop : arc de cerc, evolventă, cicloidă (fig. 4.40).

Prelucrarea roților dințate conice se poate realiza atît prin metoda copierii cît și prin metoda rulării.

b. **Prelucrarea roților conice prin copiere.** *Prelucrarea prin copiere* a roților conice se face numai în cazul producției de serie mică și a roților de dimensiuni foarte mari. În cel de-al doilea caz, se utilizează rabotarea prin copiere după șablon (fig. 4.41). Copierea se face mecanic, cu ajutorul unui palpator care urmărește profilul șablonului. Palpatorul este solidar cu ghidajul berbecului portcuțit, care este dublu articulat în vîrful conului de divizare al roții dințate. Ghidajul este paralel cu dreapta care unește punctul de pe șablon, vîrful cuțitului și vîrful conului. Șablonul se găsește așezat astfel, ca și cum ar face parte dintr-o roată conică, cu același unghi la vîrf, același număr

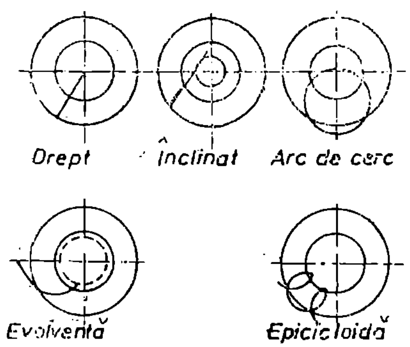


Fig. 4.40. Formele liniei dintelui utilizate la roțile conice.

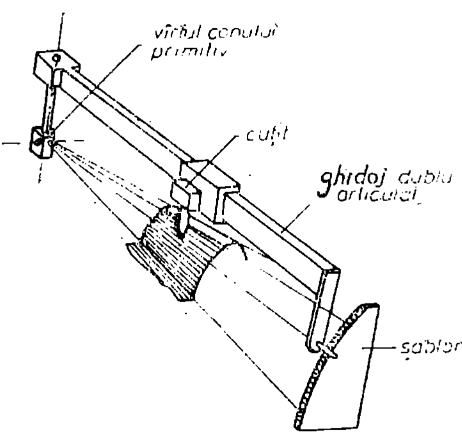


Fig. 4.41. Prelucrarea roților dințate conice prin copiere după șablon.

de dinți, dar modul mai mare. El are deci dimensiuni mai mari decît profilul dintelui, adică copierea se face la scară redusă, ceea ce mărește precizia.

Pentru prelucrarea roților de dimensiuni mici se poate utiliza *frezarea cu freze modul pe mașini de frezat universale* (fig. 4.42). Piesa este prinsă în capul divizor universal, înclinat cu un unghi corespunzător co-

nului format de fundul dinților roții, iar prelucrarea se realizează cu avans longitudinal. Procedeul este foarte neprecis și poate fi utilizat la roți dințate cu rol secundar. La ambele procedee divizarea este intermitentă.

Un procedeu utilizat la producția în masă, asemănător cu cel anterior, este *broșarea dinților conici cu o broșă circulară* (fig. 4.43). Procedeul

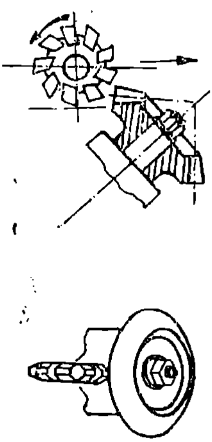


Fig. 4.42. Prelucrarea roților dințate conice prin frezare cu freză modul.

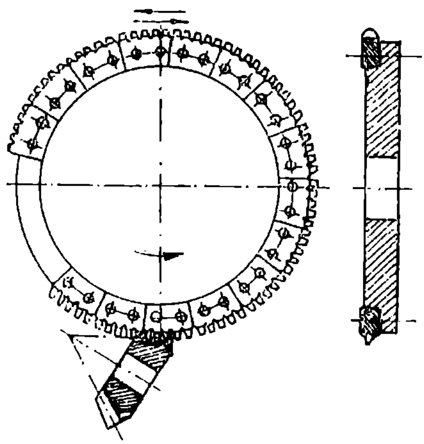


Fig. 4.43. Prelucrarea roților dințate conice prin broșare circulară.

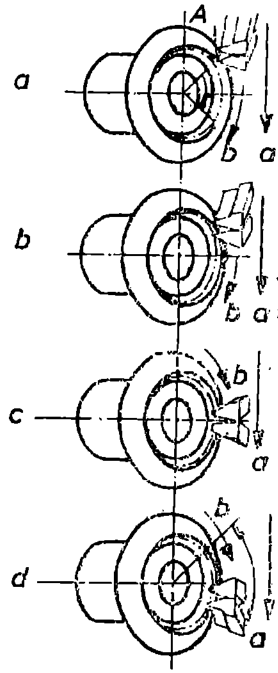


Fig. 4.44. Succesiunea fazelor de prelucrare la rabotarea prin rulare a roților dințate conice.

este foarte productiv și automatizat ; broșa se rotește continuu, iar divizarea se face în perioada în care în dreptul piesei se găsește sectorul fără dinți al broșei. Axa broșei are în timpul prelucrării și o mișcare orizontală.

c. **Prelucrarea roților conice prin rulare.** Dintre numeroasele procedee cunoscute pentru obținerea danturilor conice prin rulare se vor prezenta două : prelucrarea danturilor cu dinți drepți prin rabotare și prelucrarea danturilor cu dinți în arc de cerc prin frezare. Ambele procedee folosesc divizarea intermitentă. Principiul rulării constă în materializarea de către sculă a unui dinte al roții plane, care este format din suprafețele plane, în cazul dinților drepți, și, din două suprafețe conice, în cazul dinților în arc de cerc.

În cazul rabotării roților cu dinți drepți se utilizează două cuțite de rabotat, care sînt montate pe doi berbeci independenți ce se mișcă alternativ, realizînd cele două flancuri ale unui dinte. Berbecii se găsesc pe un tambur care execută o mișcare de rotație corelată cu mișcarea de rotație a piesei, asigurînd rularea.

În figura 4.44 sînt reprezentate pozițiile relative ale sculelor și piesei pe parcursul prelucrării unui dinte.

Prelucrarea roţilor cu dinţi în arc de cerc se face cu ajutorul unui cap de frezat cu dinţi demontabili, al cărui profil este identic cu dintele roţii plane corespunzătoare. Prelucrarea celor două flancuri se poate face cu un singur cap de frezat sau cu două capete distincte. Mişcarea de rotaţie a capului de frezat (mişcarea principală) este independentă de mişcarea de reluare, executată de tamburul pe care se găseşte capul de frezat şi piesa.

După prelucrarea unui dinte, la ambele procedee, scula se retrage şi are loc mişcarea de divizare.

Roţile realizate prin aceste procedee pot fi rectificate.

4.6. Dispozitive de prindere pentru prelucrarea danturilor

Prinderea roţilor dinţate pe maşinile-unelte de prelucrat danturi este determinată în primul rînd de forma piesei, de tipul maşinii şi de seria de fabricaţie.

Un avantaj important este faptul că în momentul danturării toate celelalte suprafeţe ale piesei sînt prelucrate pînă la operaţiile de rectificare. Acest lucru permite găsirea unor baze corespunzătoare pentru operaţia de danturare.

Pentru piesele de alezaj (roţi şi coroane) se iau ca baze suprafaţa alezajului şi una din suprafeţele frontale, iar pentru piesele tip arbore unul din fusuri şi un umăr sau găurile de centrare.

Strîngerea se face, de obicei, la producţia de unicate şi serie mică, cu ajutorul unor piuliţe, iar la producţia în serie cu sisteme hidraulice (fig. 4.45, *a*).

Piesele sau dispozitivele de strîngere se fixează, la maşinile de prelucrat roţi cilindrice cu ax vertical, pe o masă rotativă (fig. 4.45, *b*), iar la maşinile de prelucrat roţi dinţate cilindrice cu ax orizontal şi la cele de prelucrat roţi conice, într-un arbore asemănător cu cel de la strunguri sau maşini de rectificat rotund (fig. 4.45, *d*).

La maşinile de danturat se folosesc destul de rar dispozitive standard. Piesele de tip roată se prind de dornuri fixe sau extensibile, piesele tip coroană se prind pe masa maşinii şi se centrează cu ajutorul unui inel, iar piesele tip arbore se prind în bucşe elastice sau între vîrfuri. La prelucrarea roţilor dinţate cilindrice este posibilă prinderea mai multor piese simultan (fig. 4.45, *c*).

4.7. Controlul roţilor dinţate

a. **Generalităţi.** Roţile dinţate sînt piese cu formă geometrică deosebit de complexă ceea ce îngreuiază foarte mult controlul. De aceea, determinarea faptului că o roată dinţată este sau nu corespunzătoare, implică controlul unui număr mare de abateri în multe porţiuni ale roţi, controlul roţilor dinţate devenind o operaţie îndelungată, necesitînd şi o calificare înaltă.

Una din metodele de control constă în măsurarea diferitelor abateri succesive, cu mijloace de măsurare deosebite şi care poartă numele de *metodă analitică*. Datorită numărului mare de erori posibile şi modului diferit de punerea lor în evidenţă, controlul cu această metodă durează

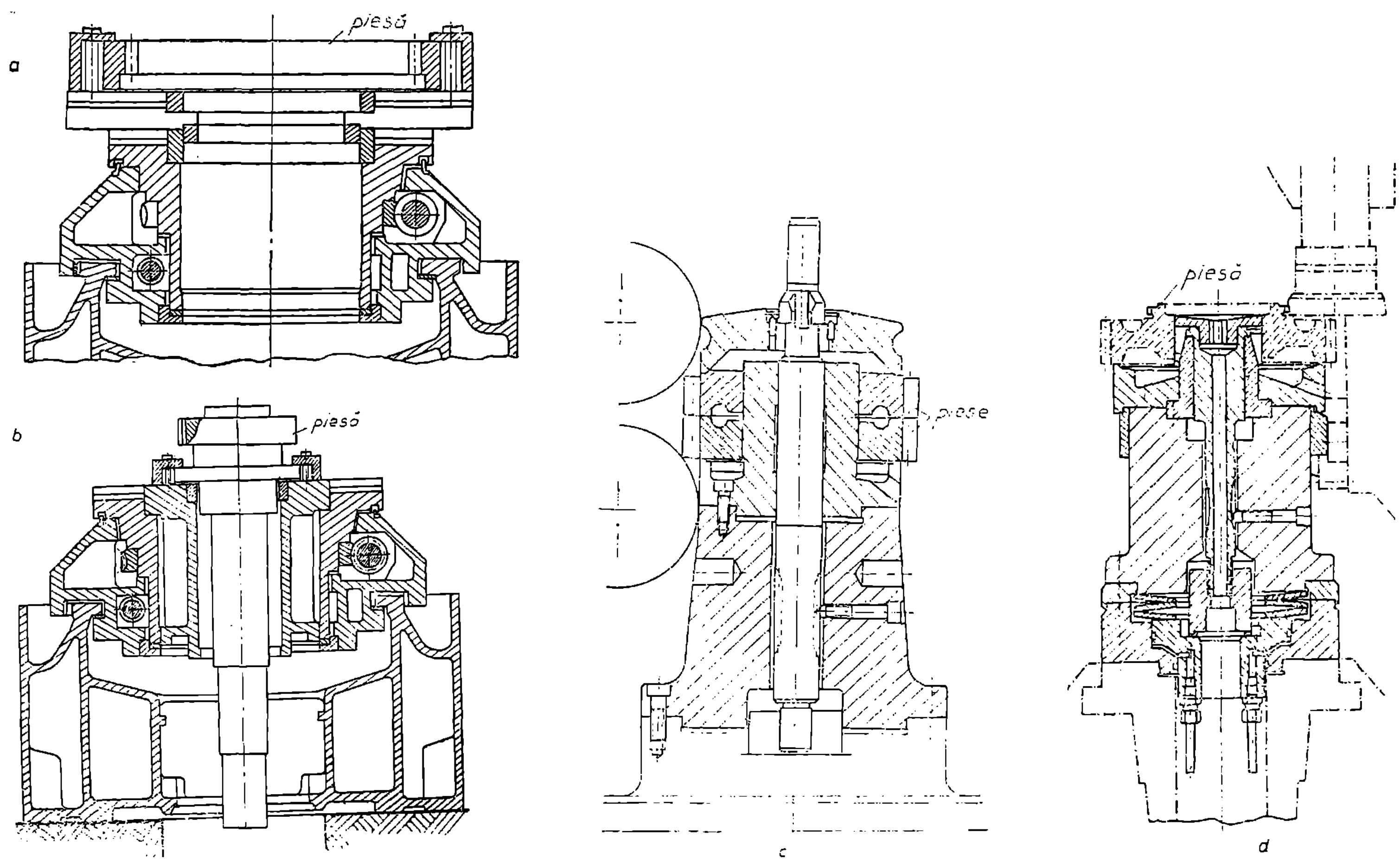


Fig. 4.45. Prinderea pieselor pe mașinile de prelucrat roți dințate.

foarte mult și de aceea nu este economic să se folosească decît la roțile dințate de mare precizie și cu dimensiuni mari. În ultimul timp s-a generalizat o altă metodă de control, care determină influența cumulată a diferitelor abateri asupra mișcării roții dințate în cadrul angrenajului. Această metodă se numește *metodă complexă*.

În cele ce urmează, vor fi prezentate pe scurt aceste metode în cazul roților dințate cilindrice. Problema controlului roților dințate conice sau melcate, deși mai complexă avînd multe particularități, prezintă multe asemănări de principiu.

b. **Controlul analitic al roților dințate.** Principalele erori ce se întîlnesc la roțile dințate sînt următoarele : eroarea de profil, eroarea pasului, bătaia și eroarea grosimii dintelui.

Eroarea de profil este abaterea profilului efectiv de la profilul teoretic și este cauzată de reglarea sau ascuțirea incorectă a sculei așchietoare. Determinarea ei se face cu ajutorul unor șabloane (fig. 4.46), fie cu ajutorul unor aparate complexe numite *evolventmetre,* care pot trasa diagrame de eroare a profilului. Eroarea profilului reprezintă așezarea neuniformă pe circumferința cercului de bază a familiei de evolvente care constituie flancurile omoloage (drepte sau stîngi) ale dinților. Această eroare provine din erorile mecanismului de divizare al mașinii-unelte. Măsurarea pasului se poate face pe cercul de bază (folosindu-se proprietatea a două evolvente cu aceeași bază de a fi echidistante) sau pe cercul de divizare (se măsoară coarda unui pas circular). La roțile mici măsurarea se face cu un aparat universal, pe care se montează roata, în timp ce la roțile mari se utilizează aparate portabile.

Uneori este importantă și determinarea *erorii cumulate de pas* adică a sumei erorilor de pas (de la un pas la altul) în valoare absolută.

Bătaia radială provine din excentricitatea danturii față de suprafața de bază și se poate măsura cu aparatul universal de măsurare a roților

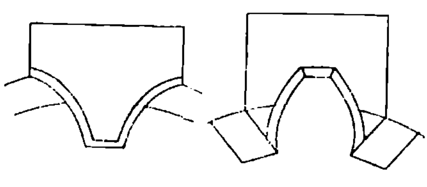


Fig. 4.46. Șabloane pentru verificarea profilului evolventic.

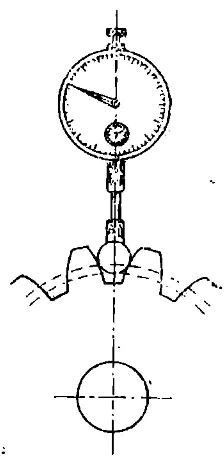


Fig. 4.47. Măsurarea bătăii radiale.

dințate cu ajutorul unui comparator cu palpator special (fig. 4.47). Măsurarea se face pentru întreaga roată, iar bătaia reprezintă diferența între valorile minimă și maximă a măsurilor.

Eroarea grosimii dinților se datorează reglării greșite a distanței dintre axa roții și sculă sau greșelile de divizare. Această eroare se măsoară

atît față de o valoare de referință absolută, indicată pe desen, cît și de la un dinte la altul (de obicei 4—5 măsurări pe circumferință).

Există mai multe procedee echivalente de măsurare :

— măsurarea cotei W peste n dinți, care se bazează pe constanța coardei între două evolvente opuse, indiferent de direcție și se face cu ajutorul unui șubler cu talere (fig. 4.48, *a*) ;

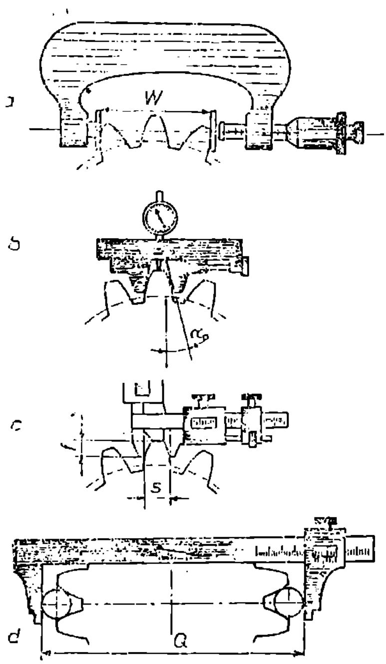
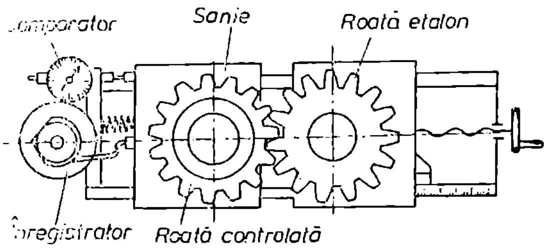


Fig. 4.48. Metode pentru măsurarea grosimii dintelui.

Fig. 4.49. Aparat pentru controlul complex al roților dințate.



— măsurarea înălțimii coardei constante, cu ajutorul aparatului tangențial, care materializează un gol al dintelui cremalierei de referință (fig. 4.48, *b*).

— măsurarea coardei s la o anumită înălțime f, cu ajutorul șublerului de dantură (fig. 4.48, *c*) ;

— măsurarea diametrului peste bile sau role cu ajutorul șublerului (fig. 4.48, *d*).

c. **Controlul complex al roților dințate.** Acest control se poate face prin mai multe metode diferite :

— rularea fără joc a roții dințate cu o roată etalon. Axul roții dințate este mobil și este presat cu ajutorul unui arc pe roata etalon ; se măsoară sau se înregistrează variația distanței între axe (fig. 4.49) ;

— rularea cu joc a roții dințate cu o roată etalon, cu distanța între axe fixă (teoretică), înregistrîndu-se variația raportului de transmitere al angrenajului astfel format. Sînt necesare două determinări separate, pentru cele două sensuri de rotație ;

— determinarea petei de contact, prin angrenarea roții dințate cu o roată etalon cu suprafețele dinților vopsite. În funcție de poziția și mărimea urmelor de vopsea de pe roată se apreciază corectitudinea angrenării ;

— analiza zgomotului produs de angrenaj în turația de regim sub sarcină. În funcție de intensitatea zgomotului produs, se poate aprecia calitatea angrenajului. Măsurarea se poate face subiectiv sau cu ajutorul aparatelor speciale.

Verificarea cunoștințelor

1. Care este procedeul de danturare prin rulare recomandat pentru a prelucra
a — un bloc balador de la cutia de viteze a unei mașini-unelte;
b — roata melcată a unui cap divizor;
c — o coroană cu dantură interioară a unui cuplaj cu dinți?
2. Ce clasă de precizie se obține la:
a — rectificarea unor roți dințate din clasa a 6-a, respectiv a 7-a?
b — șeveruirea acelorași roți dințate?
3. Cîte scule sînt necesare pentru danturarea a patru roți dințate cilindrice cu dantura înclinată, ale unui reductor care angrenează între ele două cîte două, avînd modulul $m=2$, iar numărul de dinți, respectiv $z=20$, 24, 36 și 60, prin:
a — frezare prin copiere cu freză modul;
b — frezare prin rulare cu freză melc;
c — mortezare cu cuțit roată?

5. METODE ȘI UTILAJE DE MARE PRODUCTIVITATE

5.1. METODE DE CREȘTERE A PRODUCTIVITĂȚII MUNCII

5.1.1. Productivitatea muncii

Cererea de produse industriale în țara noastră, ca de altfel în întreaga lume, se caracterizează printr-o creștere rapidă, care depășește creșterea personalului angajat în producția industrială. În consecință, industria în general și industria constructoare de mașini în special, nu pot satisface această cerere decît prin creșterea în timp a cantității de produse executate de fiecare muncitor, adică a productivității muncii.

Productivitatea muncii se definește ca raportul dintre cantitatea de produse realizate de un muncitor la un loc de muncă și timpul în care au fost realizate.

În cazul unei producții omogene, adică în cazul fabricării unor produse de același fel sau asemănătoare, situație caracteristică producției în serie mare și în masă, productivitatea muncii se exprimă în unități naționale (de exemplu, piese/h, tone/an etc.).

În cazul cînd producția este neomogenă, produsele deosebindu-se mult între ele, situație care caracterizează producția de serie mică și unicate, productivitatea muncii se exprimă în unități valorice (de exemplu, lei/h). Această exprimare, în unități valorice, servește și la compararea productivității muncii pentru produse diferite.

Este important să se deosebească productivitatea muncii de productivitatea utilajului și de volumul producției cu care se confundă deseori în limbajul curent. Pentru clarificare, se consideră, că într-o întreprindere este necesar, ca volumul produselor ce se obțin la o mașină să se dubleze. Acest lucru se poate realiza prin mai multe metode:

1 — se mai introduce o mașină similară cu cea existentă, deservită de un alt muncitor ;

2 — se mai introduce o mașină similară cu cea existentă, deservită de același muncitor, simultan cu prima mașină ;

3 — se înlocuiește mașina existentă cu o mașină cu productivitate dublă, dar deservită de doi muncitori ;

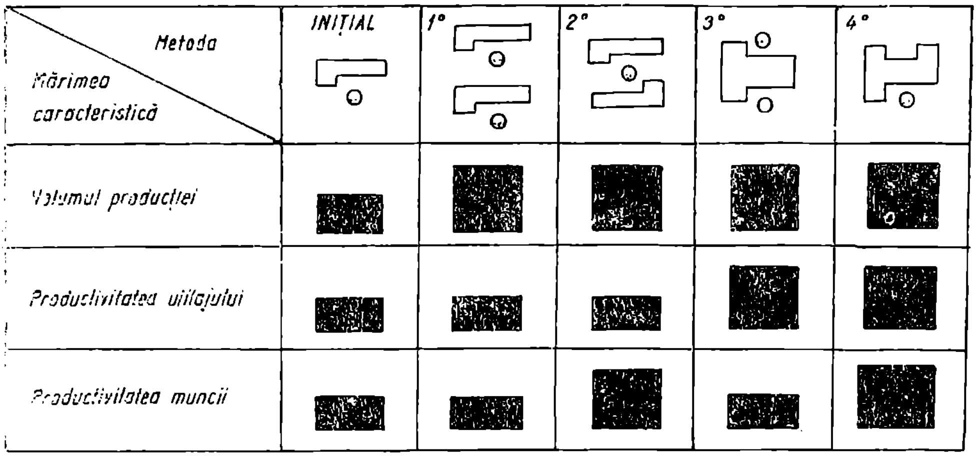


Fig. 5.1. Dependența dintre echipamentul tehnologic și caracteristicile producției.

4 - se înlocuiește mașina existentă cu o mașină cu productivitate dublă, perfecționată, deservită de un singur muncitor.

În figura 5.1 sînt date valorile relative ale volumului producției, productivitatea utilajului și productivitatea muncii pentru situația inițială și cele patru variante de creștere a volumului producției.

În țara noastră, productivitatea medie a muncii în industria constructoare de mașini a cunoscut o creștere continuă.

Un obiectiv principal al cincinalului 1986—1990 îl constituie creșterea productivității muncii pe baza organizării mai bune a producției și a muncii, precum și a automatizării, cibernetizării și robotizării producției.

Sarcinile legate de realizarea acestui obiectiv justifică o analiză mai amănunțită a noțiunii de productivitate a muncii și a căilor de creștere a acesteia.

În cazul producției în serie mare și masă, productivitatea muncii este egală cu norma de producție.

Știind că norma de producție este egală cu inversa normei de timp, se obține expresia generală a productivității Q :

$$\boxed{Q = N_p = 1/N_T}. \qquad (5.1)$$

Din expresia de mai sus rezultă că productivitatea muncii este cu atît mai mare cu cît norma de timp este mai mică. Pentru a găsi căile și metodele de creștere a productivității muncii este necesară analiza componentei normei de timp N_T.

După cum se știe (v. cap. 4, manualul de clasa a XI-a), pentru un proces tehnologic dat, norma de timp N_T este egală cu :

$$\boxed{N_T = \frac{T_{pi}}{N} + T_u}. \tag{5.2}$$

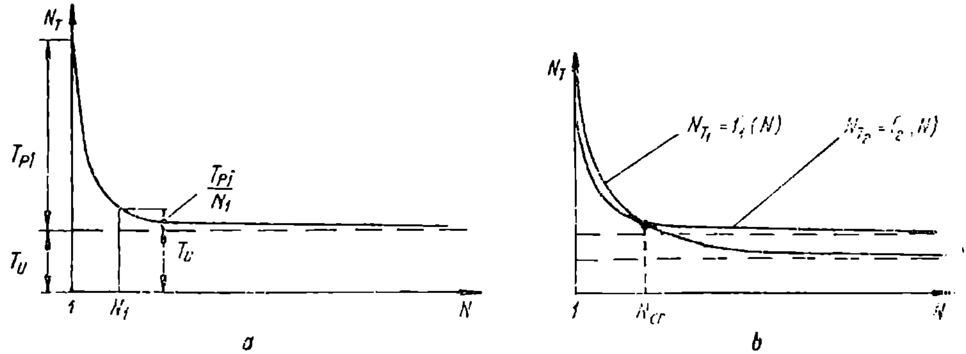


Fig. 5.2. Variația normei de timp N în funcție de volumul producției.

Se observă că pentru un anumit proces tehnologic (T_{pi} și T_u fiind constante) norma de timp este funcție scăzătoare de mărimea lotului N (fig. 5.2, *a*). Rezultă că la un proces tehnologic neschimbat, creșterea numărului de piese din lot duce la scăderea normei de timp, deci la creșterea productivității muncii.

Dacă se compară două procese tehnologice distincte cu valori diferite pentru T_{pi} și T se constată că cele două curbe $N_{T1} = f_1(N)$ și $N_{T2} = f_2(N)$ pot să se intersecteze pentru o valoare a lui $N = N_{cr}$ (fig. 5.2). Pentru valori ale lui $N < N_{cr}$ norma de timp a primului procedeu este mai mică decît a celui de-al doilea, iar pentru valori ale lui $N > N_{cr}$, invers. Din expresia (5.2) rezultă că dacă $T_{pi1} < T_{pi2}$ și $T_{u1} < T_{u2}$ întotdeauna $N_{T1} < N_{T2}$. Cele două curbe se intersectează numai dacă $T_{pi1} < T_{pi2}$ și $T_{u1} < T_{u2}$ sau $T_{pi1} < T_{pi2}$ și $T_{u1} < T_{u2}$. Se poate trage concluzia că o modificare a tehnologiei, care atrage schimbări contrare ale valorilor T_{pi} și T_u, poate să ducă la creșteri ale productivității muncii numai pentru anumite valori ale lui N. Rezultă de asemenea, că în cazul producției de unicate și de serie mică, este mai importantă reducerea timpului T_{pi}, iar pentru producția în serie mare și masă este mai importantă reducerea timpului T_u.

La rîndul său timpul unitar se compune din suma mai multor elemente de timp :

$$\boxed{T_u = T_{op} + T_d + T_{ir}}. \tag{5.3}$$

Această expresie se mai scrie, ținînd seama de faptul că timpul de deservire T_d și timpul de întreruperi reglementare T_{ir} se exprimă în raport de timpul operativ T_{op}:

$$\boxed{T_u = T_{op}\left(1 + \frac{K}{100}\right)} \tag{5.4}$$

Deoarece K variază relativ puțin se poate spune că timpul operativ T_{op} este factorul cel mai important asupra căruia trebuie acționat pentru reducerea timpului unitar T_u. După cum se știe, timpul operativ T_{op} se descompune în timpul de bază t_b și în timpul auxiliar sau ajutător t_a:

$$T_{op} = t_b + t_a \tag{5.5}$$

5.1.2. Metode pentru mărirea productivității muncii

a. Generalități. Perfecționarea proceselor de producție presupune creșterea continuă a productivității muncii. Aceasta înseamnă să se urmărească trecerea la procese de producție care să permită obținerea unei cantități cît mai mari de produse într-un timp cît mai scurt.

Productivitatea muncii poate fi mărită printr-un mare număr de metode diferențiate în funcție de conținutul lor și de scopul urmărit.

Scopul unei metode este concretizat prin elementul aparținînd normei de timp pe care metoda respectivă îl micșorează. Astfel se vor distinge:

— metode pentru reducerea timpului de pregătire-încheiere T_{pi};

— metode pentru reducerea timpului de bază t_b;

— metode pentru reducerea timpului ajutător t_a.

Pot exista metode care să conducă la micșorarea simultană a mai multor elemente ale normei de timp, precum și metode care să provoace micșorarea unui element, dar mărirea altuia.

După conținut, adică după căile pe care se poate face reducerea elementelor normei de timp, se deosebesc:

— metode constructive;

— metode organizatorice;

— metode tehnologice.

Metodele constructive se realizează prin modificarea unor elemente constructive la piese (formă, precizie, material, semifabricat) în vederea reducerii volumului de muncă necesar pentru prelucrarea piesei și, implicit, a creșterii productivității muncii. Modificările nu trebuie să afecteze în nici un fel funcționalitatea piesei. În legătură cu aceste metode se folosește și noțiunea de *tehnologicitate* a unei piese, care reprezintă gradul în care la proiectare s-a ținut seama de condițiile de execuție ale pieselor. Metodele constructive de creștere a productivității muncii au în același timp ca efect creșterea tehnologicității.

Exemple. În figura 5.3, *a* sînt reprezentate două soluții de realizare a tălpii unui lagăr. Soluția din stînga este greșită deoarece suprafața care trebuie prelucrată (hașurată în desen) are întindere prea mare. Figura 5.3, *b* reprezintă două soluții de realizare a orificiilor dintr-un capac. Soluția de sus este greșită deoarece necesită mai multe prinderi pentru realizarea găurilor.

În figura 5.3, *c* sînt reprezentate două soluții de realizare a unui arbore. În soluția de sus cele trei canale au lățimi diferite și, deci, în timpul prelucrării apare necesitatea schimbării cuțitului de canelare.

Prevederea pe desenul piesei a unei precizii cît mai scăzute, compatibilă cu funcționarea corectă a piesei, asigură o reducere a volumului de

muncă necesar, deoarece timpul total de muncă pentru prelucrare este invers proporţional cu precizia de prelucrare.

Alegerea unui material adecvat pentru piesă permite regimuri de aşchiere mai intense, ceea ce reduce în mod corespunzător durata prelucrării.

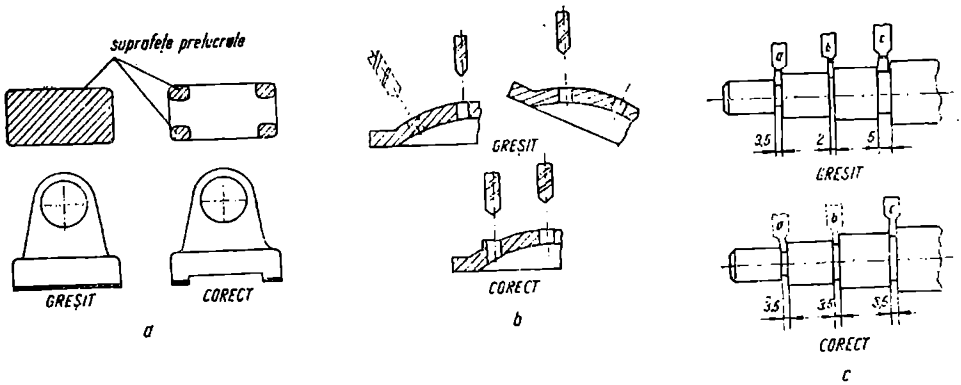


Fig. 5.3. Măsuri constructive avînd drept consecinţă creşterea productivităţii muncii.

O importantă reducere a timpului de prelucrare se poate face şi prin creşterea preciziei semifabricatului. În general, se poate considera că reducerea toleranţelor semifabricatului conduce la reducerea adaosului de prelucrare.

Metodele organizatorice se realizează prin îmbunătăţirea organizării locurilor de muncă, secţiilor sau chiar a întreprinderilor, în vederea desfăşurării optime a procesului de producţie. Aceste metode duc în special la reducerea timpilor de deservire T_d şi întreruperi reglementare T_{ir} (în general cuprinşi în coeficientul K din relaţia 5.4), precum şi la reducerea timpilor de pregătire-încheiere $T_{pî}$ şi ajutător t_a. De asemenea, prin aceste metode se pot reduce considerabil timpii extraoperativi (de transport, de aşteptare etc.).

Un exemplu de metodă organizatorică la nivelul secţiei sau al întreprinderii este trecerea la producţia în flux. Iniţial, maşinile-unelte sînt grupate pe tipuri (strunguri, maşini de găurit, maşini de frezat, maşini de rectificat), iar după reorganizare, maşinile sînt dispuse în linie, în ordinea operaţiilor proceselor tehnologice ale pieselor ce se prelucrează : este evidentă reducerea timpului parcurs pe drumul piesei de la o maşină la alta şi deci reducerea duratei ciclului de fabricaţie (fig. 5.4).

La nivelul locului de muncă, o metodă importantă de creştere a productivităţii muncii este deservirea mai multor maşini de către un singur muncitor, lucru posibil numai în cadrul unui nivel adecvat de mecanizare şi automatizare a utilajelor. Productivitatea muncii creşte în raport de numărul maşinilor deservite care poate ajunge la 5—6 maşini.

Nu este de neglijată nici organizarea corespunzătoare a locului de muncă prin amplasarea corectă a sculelor, semifabricatelor şi pieselor

finite, în așa fel încît să corespundă din punct de vedere ergonomic* și să facă munca cît mai comodă, mai puțin obositoare.

Metodele tehnologice se realizează prin modificarea procesului tehnologic de prelucrare a pieselor. Aceasta se poate face în mai multe moduri : prin modificarea structurii procesului (adică a împărțirii sale în

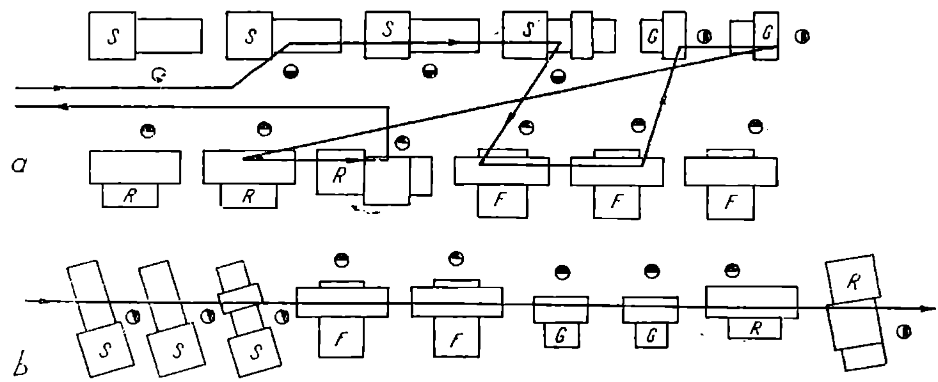


Fig. 5.4. Trecerea unei secții la producția în flux :
a — înainte de reorganizare ; *b* — după reorganizare ; *S* — strung ; *F* — mașină de frezat ; *G* — mașină de găurit ; *R* — mașină de rectificat.

operații, faze etc.), schimbarea utilajului tehnologic (fie prin modernizare, echipare cu dispozitive a utilajului existent, fie prin înlocuirea sa cu un utilaj mai productiv), prin modificarea parametrilor procesului tehnologic. Aceste metode vor fi prezentate pe larg în cele ce urmează.

Dacă metodele constructive sînt aplicate de către cei care proiectează produsele fabricate, metodele tehnologice și organizatorice pot fi aplicate atît de cei care proiectează tehnologia și de cei care conduc procesul de producție la diverse nivele, cît și direct de muncitorii care lucrează la mașinile-unelte.

b. **Reducerea timpului de pregătire-încheiere** T_{pi}. Printre componentele mai importante ale timpului de pregătire-încheiere T_{pi} se numără echiparea mașinii-unelte cu scule și dispozitive, precum și reglarea parametrilor funcționali ai mașinii pentru operația ce urmează a fi efectuată (la mașinile automatizate — introducerea programului în mașină).

Timpul de pregătire-încheiere T_{pi} este în principal influențat de construcția mașinii-unelte. În general, pentru o mașină-unealtă dată, posibilitatea de reducere a timpului T_{pi} este destul de mică. În continuare se vor analiza particularitățile constructive ale mașinilor-unelte care duc la reducerea timpului T_{pi}. Reducerea se face pe două căi : fie prin scurtarea efectivă a activității cuprinse în timpul T_{pi}, fie prin suprapunerea parțială a acestor activități peste timpul operativ T_{op}.

Reducerea timpului de echipare cu scule. Calea principală din ce în ce mai răspîndită este folosirea portsculelor cu montare rapidă și prereglare a sculelor la cotă. Portsculele cu montare rapidă sînt folosite în diferite variante și utilizate atît pentru cuțitele de strung cît și pentru freze,

* *Ergonomia* este o știință care se ocupă cu studiul legăturii dintre om și locul său de muncă sub diferite aspecte.

burghie, alezoare etc. (fig. 5.5). Prereglarea sculelor se face pe dispozitive speciale, dotate cu sisteme de măsurat (micrometru, comparator, microscop) care permit poziţionarea precisă a vîrfului sculei faţă de suprafeţele de ghidare ale portsculei (fig. 5.6). Durata de schimbare a unei astfel de scule este de circa 0,5 min faţă de 2 min necesare schimbării unei scule

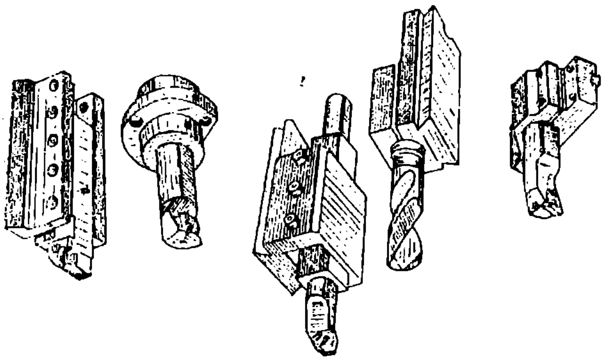


Fig. 5.5. Portscule cu schimbare rapidă utilizate la strunguri.

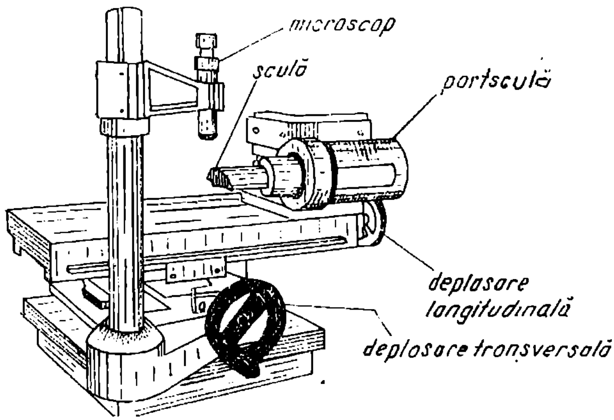


Fig. 5.6. Dispozitiv de prereglare a sculelor.

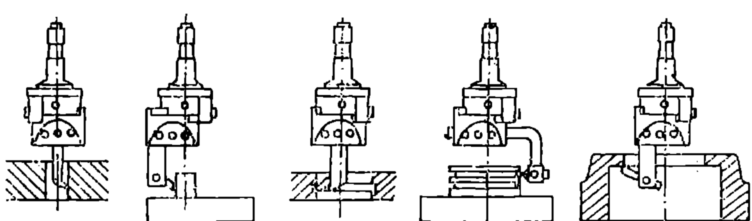


Fig. 5.7. Portsculă cu reglare micrometrică. Posibilităţi de utilizare.

obişnuite (inclusiv reglarea la cotă pe maşină). Prereglarea sculelor pentru maşinile automate se poate face în timp ce maşina lucrează, deci durata prereglării nu intră în calculul timpului T_{pi}. Tot în acelaşi scop — în special la operaţii de alezare — se utilizează portsculele cu reglare micrometrică (fig. 5.7) sau cartuşe cu reglare micrometrică (fig. 5.8), în care caz prereglarea se face fără un dispozitiv special, doar prin rotirea şurubului micrometric.

Durata echipării cu scule crește evident proporțional cu numărul locașurilor disponibile pe mașină. La mașinile cu număr mare de locașuri de scule (de exemplu strunguri revolver cu 6—16 locașuri sau centre de prelucrare cu 8—120 locașuri) o reducere considerabilă a timpului $T_{\chi i}$ se obține prin alegerea corespunzătoare a setului de scule, în așa fel încît

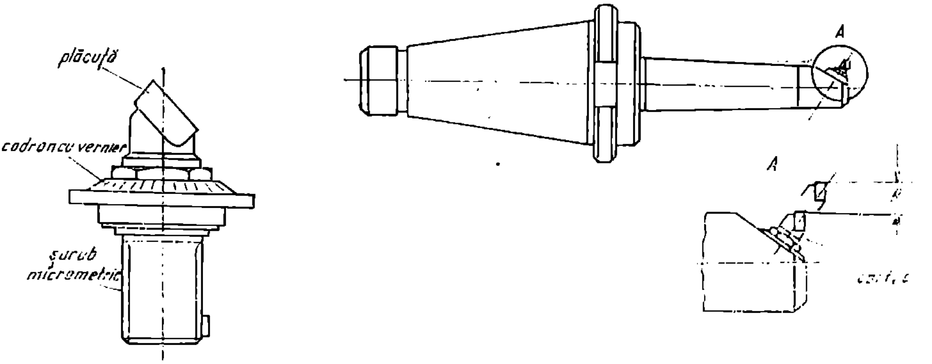


Fig. 5.8. Cartuș cu reglare micrometrică :
a — vedere ; *b* — cartușul montat într-o bară de alezat.

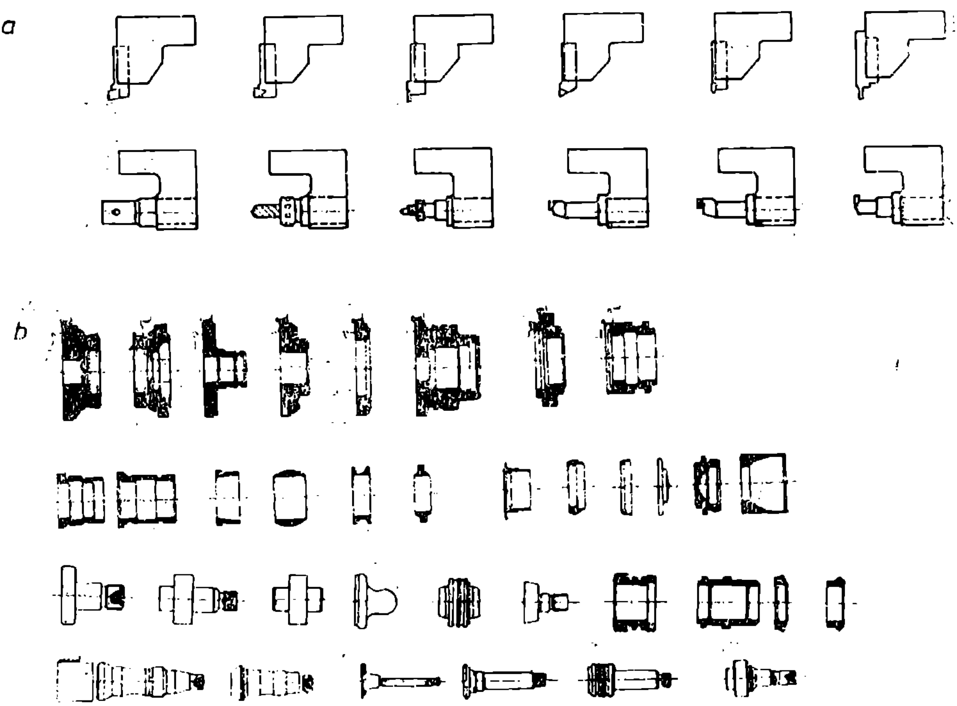


Fig. 5.9. Utilizarea sculelor universale :
a — set de scule utilizat pe un strung revolver ; *b* — piese ce se pot prelucra cu aceste scule.

să se poată prelucra mai multe piese fără o reechipare cu scule a mașinii. În figura 5.9 se arată un set de 12 scule folosite de un strung revolver cu comandă numerică pentru prelucrarea a 50 de piese diferite.

Reducerea timpului de echipare cu dispozitive. Echiparea cu dispozitive poate fi scurtată prin utilizarea unor dispozitive universale care pot fi folosite pentru prinderea unui număr mare de piese diferite (fig. 5.10). Montarea unui dispozitiv de prindere universal sau special pe strung durează între 3 și 7 min timp care, în cazul dispozitivului universal, se

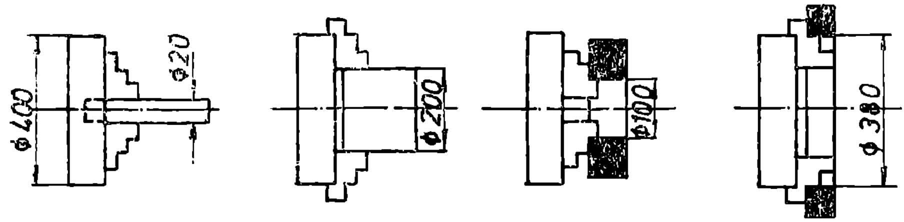


Fig. 5.10. Posibilități de utilizare ale unui dispozitiv universal.

împarte egal între piesele care îl folosesc. În cazul mașinilor cu grad mare de universalitate, dotate cu multe accesorii și dispozitive (în special mașinile de frezat universale și de sculărie), timpul T_{pi} se poate reduce, dacă aceste dispozitive se pot monta ușor sau sînt montate în permanență. De exemplu, cîștigul de timp la o mașină de frezat de sculărie, care are capul vertical montat în permanență în stare de funcționare (FUS 320), față de una la care el trebuie demontat în cazul frezării orizontale (FUS 200), este de circa 10—12 min (fig. 5.11). De asemenea, existența a două mese la unele mașini de frezat longitudinal, de alezat și frezat sau centre de prelucrat permite montarea dispozitivelor de prindere a piesei pe o masă, în timp ce pe alta se găsește o piesă în curs de prelucrare.

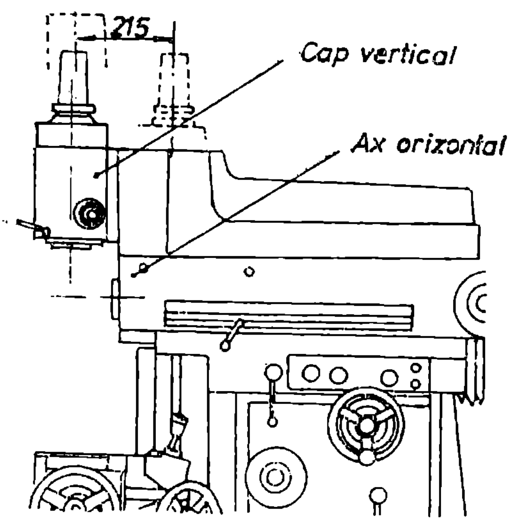


Fig. 5.11. Mașină universală de frezat orizontal cu cap vertical, montat permanent.

Reducerea timpului de reglare și programare a mașinii-unelte. În general, timpul de reglare este mai scurt la mașinile-unelte universale decît la mașinile speciale. De exemplu, schimbarea turației arborelui principal la o mașină-unealtă cu cutie de viteze cu baladoare sau cuplaje este de 0,05—0,1 min, față de 3—12 min, în cazul folosirii roților de schimb. În ceea ce privește programarea mașinilor automate, pregătirea unui strung automat cu came poate să dureze cîteva ore, în timp ce introducerea programului într-o mașină cu comandă numerică durează cîteva minute.

c. **Reducerea timpului de bază t_b**. Timpul de bază t_b reprezintă timpul în care piesa este supusă procesului de prelucrare propriu-zis. După cum se știe productivitatea așchierii Q_a este dată de relația :

$$\boxed{Q_a = v \cdot s \cdot t_a} \tag{5.6}$$

Este evident că mărirea productivității așchierii se poate obține prin creșterea parametrilor regimului de așchiere v, s și t, separat sau simultan respectiv prin prelucrarea cu mai multe scule sau a mai multor piese simultan.

Creșterea vitezei de așchiere (așchierea rapidă). Pentru prelucrarea cu viteze sporite de așchiere este necesară, în primul rînd, folosirea unor scule confecționate din materiale din ce în ce mai perfecționate. Vitezele maxime au crescut de la 15—20 m/min la începutul secolului — folosind scule din oțel carbon — pînă la 400—600 m/min, în zilele noastre, folosind scule cu plăcuțe mineraloceramice. Sculele trebuie să aibă o geometrie specială (de exemplu, unghiul de degajare γ negativ). Este necesară de asemenea asigurarea unei așchieri continue, fără întrerupere, deoarece materialele de scule folosite la viteze mari de prelucrare sînt în general puțin rezistente la șocuri.

Trebuie totuși remarcat că mărirea vitezei de așchiere duce la scăderea durabilității sculei și, în consecință, la creșterea frecvenței reascuțirilor, ceea ce înseamnă o creștere a timpului ajutător t_a. Variația timpului operativ T_{op} în funcție de viteza de așchiere este reprezentată în figura 5.12. Se observă că în anumite condiții de așchiere date (material de prelucrat, sculă, avans și adîncime de așchiere) există o viteză v_p pentru care timpul T_{op} este minim.

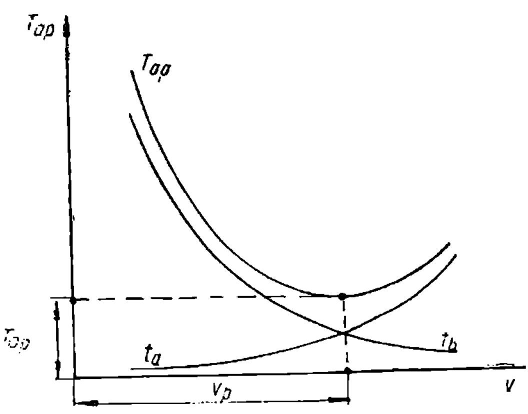


Fig. 5.12. Variația timpului operativ T_{op} în funcție de viteza de așchiere.

Creșterea avansului (așchierea intensivă). Creșterea productivității obținută în acest caz este proporțională cu creșterea avansului. Consecințele creșterii sînt : creșterea forțelor de așchiere și a rugozității.

Metoda este foarte eficace pentru prelucrările de degroșare. În cazul prelucrărilor de finisare, la prelucrarea cu avansuri mari, este necesară folosirea unor cuțite cu unghiul de atac secundar $\alpha_1 = 0$.

Creșterea adîncimii de așchiere. Prin această metodă se poate realiza o creștere importantă a productivității, singura limitare fiind dată de creșterea secțiunii așchiei și în consecință a forțelor de așchiere. Această mărire a adîncimii de așchiere atrage după sine în general reducerea numărului de treceri, deci și o reducere a timpului ajutător t_a (fig. 5.13).

în cazul cînd adaosul de prelucrare se îndepărtează într-o singură trecere (adaosul de prelucrare este egal cu adîncimea de așchiere), mărirea adîncimii de așchiere se poate realiza modificînd schema de prelucrare. De exemplu, în cazul strunjirii unui umăr se înlocuiește strunjirea longitudinală cu o strunjire transversală cu un cuțit lat, adîncimea de așchiere devenind egală cu lățimea umărului (fig. 5.14).

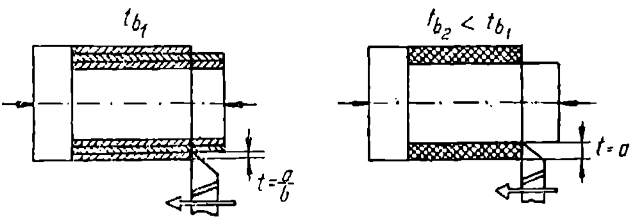


Fig. 5.13. Reducerea timpului de bază t_b prin creșterea adîncimii de așchiere t.

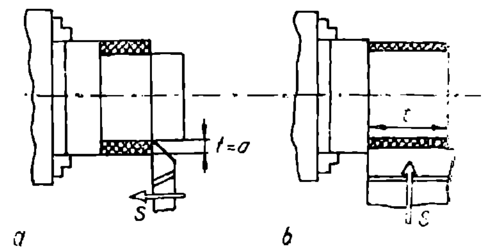


Fig. 5.14. Creșterea adîncimii de așchiere prin modificarea schemei de prelucrare :
a — strunjire longitudinală ; b — strunjire transversală.

Prelucrarea cu mai multe scule simultan (concentrarea operațiilor). Aceasta este una din metodele foarte eficiente de reducere a timpului de bază. Realizarea ei se poate face în numeroase moduri : prin divizarea adîncimii de așchiere (fig. 5.15, *a*) sau a lungimii de așchiere (fig. 5.15, *b*) a aceleiași suprafețe, prin prelucrarea unor suprafețe similare cu mai multe scule identice (fig. 5.15, c), prin prelucrarea mai multor suprafețe diferite cu o sculă combinată (fig. 5.15, *d*) sau cu scule distincte (fig. 5.15, *e* și *f*).

Este important de notat că forța de așchiere care acționează asupra piesei reprezintă suma forțelor dezvoltate de fiecare sculă separat, deci aceste forțe pot ajunge la valori foarte mari.

De asemenea, trebuie evitată ciocnirea diferitelor scule. În această situație timpul de bază t_b va fi cel al prelucrării piesei celei mai lungi ; celelalte prelucrări suprapunîndu-se, timpii de bază nu se mai adună la timpul total.

Prelucrarea mai multor piese simultan. Aceasta este o metodă deosebit de eficientă în cazul producției de piese de dimensiuni reduse. Prelucrarea se poate face în paralel, cînd toate piesele fixate în dispozitiv se prelucrează simultan (fig. 5.16, *a*) sau paralel-succesiv, cînd se prelucrează simultan doar o parte din piesele fixate, restul prelucrîndu-se după aceea pe rînd (fig. 5.16, *b*). Timpul de bază luat în calcul este timpul de bază efectiv împărțit la numărul pieselor ce se prelucrează simultan.

Aplicarea metodelor de reducere a timpului de bază este limitată de puterea mașinii-unelte și, de la caz la caz, de rigiditatea piesei, calitatea suprafeței, calitățile materialului piesei etc. Ultimele două metode, în general, duc și la o reducere a timpului ajutător t_a.

d. **Reducerea timpului ajutător** t_b . În cursul dezvoltării procedeelor de prelucrare prin așchiere s-a acordat o atenție mai mare reducerii timpului de bază, ceea ce a făcut ca la producția în serie și unicate ponderea timpului de bază t_b în timpul operativ T_{op} să scadă. De aceea actualmente, reducerea timpilor ajutători constituie o sarcină primordială

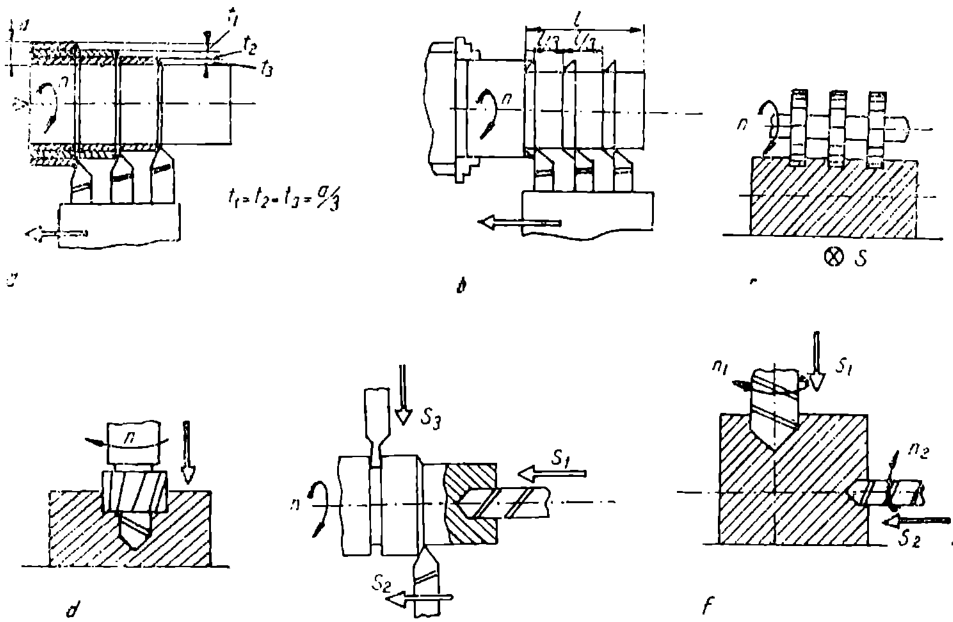


Fig. 5.15. Prelucrarea cu mai multe scule simultan.

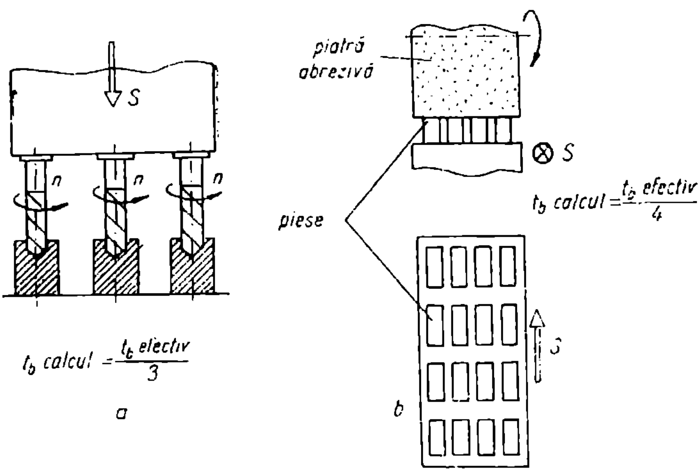


Fig. 5.16. Prelucrarea mai multor piese: *a* — simultană; *b* — simultan-succesivă.

în vederea creșterii productivității muncii. Datorită varietății acțiunilor ce sînt cuprinse în timpul ajutător și metodele de reducere a acestuia vor fi foarte numeroase. Reducerea timpului ajutător t_a se realizează **în** trei moduri : prin eliminarea unor elemente ale timpului ajutător t_a, prin scurtarea duratei unor activități ce se desfășoară în cadrul timpului

ajutător t_a, prin suprapunerea unor părţi din timpul ajutător peste alte componente ale timpului operativ T_{op} sau ale timpului de pregătire-încheiere T_{pi}.

Eliminarea din componenţa timpului ajutător a unor activităţi se face, în esenţă, prin modificarea structurii operaţiei. Reducerea numărului de pierderi sau de treceri duce la dispariţia timpilor ajutători legaţi de aceste activităţi. De obicei, aceste modificări duc şi la reducerea timpilor de bază (v. pct. *c*). Reducerea numărului de prinderi înlătură o parte din timpul de fixare şi scoatere a piesei (fig. 5.17), iar reducerea numărului de treceri implică scurtarea traiectoriilor curselor de apropiere şi retragere rapidă (fig. 5.18, *a*). De asemenea, în cazul prelucrării simultane cu mai multe scule identice, în comparaţie cu prelucrarea succesivă a aceloraşi suprafeţe cu o singură sculă, în afara reducerii timpului de bază se reduce şi timpul ajutător corespunzător poziţionării sculei în dreptul suprafeţelor respective (fig. 5.18, *b*).

Scurtarea duratei activităţilor din cadrul timpilor ajutători se poate obţine prin utilizarea unui echipament tehnologic corespunzător. Astfel,

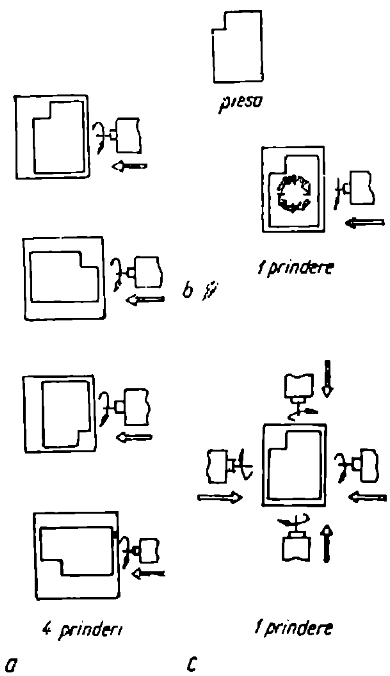


Fig. 5.17. Reducerea numărului de prinderi :

a — situaţia iniţială ; *b* — prelucrarea succesivă, folosindu-se o masă rotativă ; *c* — prelucrarea simultană din patru părţi.

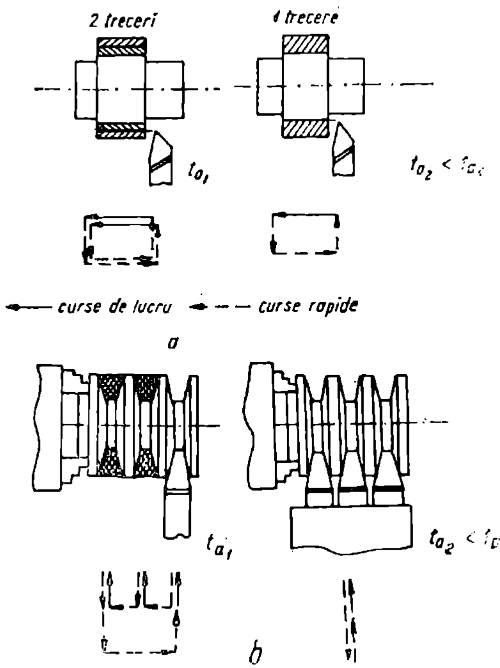


Fig. 5.18. Reducerea timpului ajutător t_a :

a — prin reducerea numărului de treceri ; *b* — prin prelucrarea cu mai multe scule simultan.

pentru prinderea pieselor se vor folosi dispozitive cu sisteme de strîngere rapidă (de exemplu, acţionarea mecanismului de strîngere cu excentric necesită un timp de circa 40% mai scurt decît cea a mecanismului cu piuliţă). Pentru reglarea vitezelor şi avansurilor de la o fază la alta, folosirea unor comenzi centralizate reduce la jumătate timpul de reglare

față de cazul în care se folosesc comenzi cu manete și rozete multiple. In cazul folosirii succesive a mai multor scule este necesar ca toate sculele utilizate într-o operație să fie montate pe mașina-unealtă. De exemplu, în cazul folosirii a șase scule pe un strung revolver sînt necesare numai cîte 0,1 min pentru schimbarea sculelor, în timp ce pe un strung normal cu portcuțit cu patru locașuri, mai sînt necesare în plus circa 2 min, pentru montarea ultimelor două cuțite în locul unora folosite. Pentru controlul dimensiunilor, timpul necesar folosind aparate de măsurat universale (șubler, micrometru etc.) este de 2—5 ori mai mare decît în cazul folosirii calibrelor.

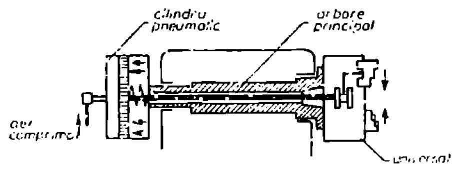


Fig. 5.19. Universal cu acționare pneumatică sau hidraulică.

O reducere și mai importantă a duratei elementelor timpului ajutător este obținută prin mecanizare și automatizare. În acest caz, se pot efectua simultan mai multe acțiuni (prinderea și desprinderea piesei, modificarea reglării mașinii, schimbarea sculelor), în timp ce un muncitor nu poate să facă decît o singură acțiune. De asemenea, se mărește considerabil viteza de execuție ; de exemplu, prinderea manuală a unei piese în universalul strungului durează 15—20 s, în timp ce prinderea într-un universal acționat pneumatic (fig. 5.19) numai 5 s. Reducerea timpului ajutător t_a prin mecanizare și automatizare duce însă la mărirea timpului de pregătire-încheiere T_{pi}.

Suprapunerea componentelor timpului ajutător t_a peste timpul de bază t_b se poate realiza în diferite moduri. Una din cele mai frecvente soluții este prinderea și desprinderea piesei pe un post de lucru, în timp ce la alt post se prelucrează piesa. În figura 5.20 sînt reprezentate cîteva exemple de acest fel. La mașinile mari de rabotat, frezat longitudinal,

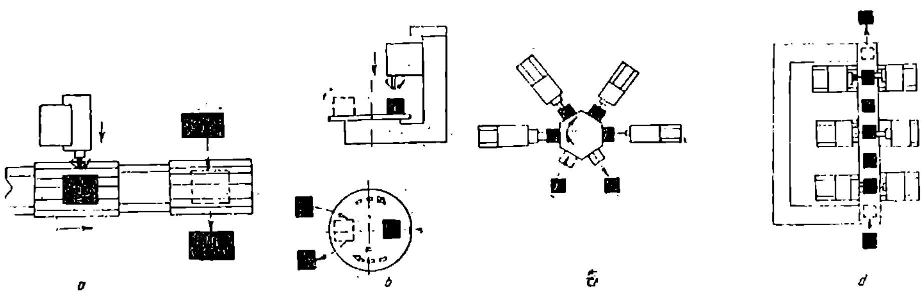


Fig. 5.20. Suprapunerea timpului ajutător peste timpul de bază : *a* — mașină-unealtă cu două mese ; *b* — mașină-unealtă cu masă indexabilă cu două posturi ; *c* — mașină agregat cu posturi pentru încărcare și descărcare ; *d* — linie automată cu posturi de încărcare și descărcare.

alezat și frezat pot exista două mese independente, din care una execută mișcarea de lucru, în timp ce pe cealaltă, care este amplasată la capătul batiului, se fixează o nouă piesă. La mașinile de găurit, unde piesa este nemișcată în timpul prelucrării, se poate folosi o masă rotativă pe care, în timp ce într-o parte se prelucrează piesa, în cealaltă parte se desprinde

piesa prelucrată și se prinde alt semifabricat. La mașinile agregat și la liniile automate există posturi speciale de prindere și desprindere a piesei. O altă posibilitate de suprapunere a timpului ajutător peste timpul de bază este efectuarea controlului în timpul prelucrării. Măsurarea se face cu ajutorul unor sisteme automate (v. 5.2 cap. 5). Rezultatul se indică pe scala unui aparat de măsurat (control pasiv) sau servește la co-

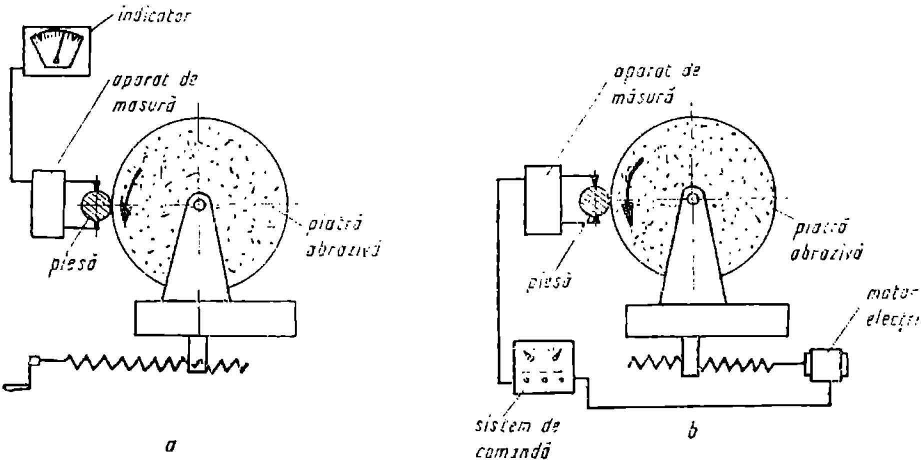


Fig. 5.21. Controlul automat pe mașini-unelte :
a — control pasiv ; *b* — control activ.

manda mașinii-unelte (control activ). Procedeul se folosește în special la mașinile de rectificat rotund. În figura 5.21 se prezintă două sisteme de control automat în timpul prelucrării ; unul pasiv și altul activ.

5.1.3. **Condițiile creșterii productivității muncii**

Prezentarea metodelor de creștere a productivității muncii scoate în evidență în mod pregnant faptul, că pentru orice proces tehnologic, pentru orice produs, pot exista mai multe moduri de realizare a acestei creșteri. Alegerea uneia dintre numeroasele posibilități se poate face ușor, dacă se are în vedere că scopul urmărit nu este numai mărirea productivității ci și reducerea cheltuielilor și îmbunătățirea calității și a condițiilor de muncă. Este important de subliniat că creșterea productivității muncii nu se face în general în detrimentul cheltuielilor, a calității produselor sau a condițiilor de muncă. În continuare se va prezenta legătura între productivitatea muncii, cheltuielile de fabricație, calitatea și condițiile de muncă.

Cheltuielile de fabricație. Ca și norma de timp N_t, cheltuielile de fabricație pe unitatea de produs pot fi exprimate în funcție de numărul pieselor din lotul de fabricație. Expresia matematică este foarte asemănătoare :

$$\boxed{C = \frac{C_F}{N} + C_r}\,. \qquad (5.7)$$

unde :

N este numărul pieselor din lot ;

C_F — *cheltuielile fixe,* adică cheltuielile ce se fac o singură dată pentru tot lotul. Acestea cuprind cheltuielile cu scule, dispozitive sau chiar mașini speciale care nu pot fi folosite decît pentru a produce o anumită piesă printr-un anumit proces tehnologic ;

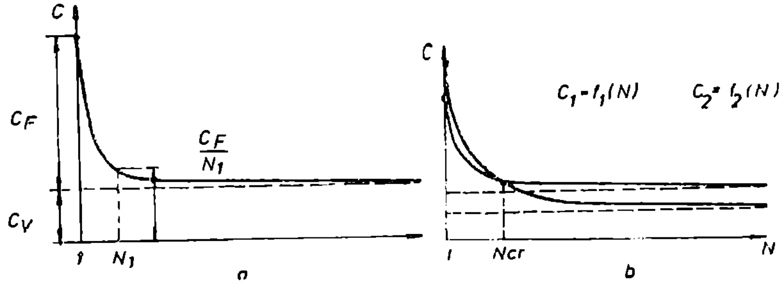


Fig. 5.22. Variația cheltuielilor de fabricație C în funcție de volumul producției.

C_V — *cheltuielile variabile,* adică cheltuielile ce se fac cu fiecare piesă în parte cum ar fi : costul materialelor, energiei și manoperei pentru prelucrarea piesei, o cotă parte din valoarea mașinilor universale proporțională cu norma de timp N_T, numită *amortisment.*

Valorile C_F și C_V diferă de la un proces tehnologic la altul. Se observă că cheltuielile de fabricație scad cu creșterea numărului de piese din lot (fig. 5.22, *a*). Dacă se compară două procese tehnologice pentru o valoare N dată unul dintre ele va fi mai eficient (cheltuielile de fabricație vor fi mai scăzute). De obicei, unul din procesele tehnologice va fi mai eficient în domeniul valorilor mai mici ale lui N (cel care va avea cheltuielile C_F mai mici și C_V mai mari), iar celălalt va fi mai eficient în domeniul valorilor mai mari (fig. 5.22, *b*).

În majoritatea cazurilor, procedeul tehnologic mai eficient va avea și o productivitate mai ridicată. Totuși, există situații cînd procesul tehnologic cel mai productiv nu este și cel mai eficient. În aceste cazuri este necesară o analiză atentă a criteriilor, în așa fel încît alegerea procesului tehnologic aplicat să fie cît mai judicioasă. Un exemplu de acest fel îl constituie alegerea vitezei de așchiere. În graficul din figura 5.23 sînt prezentate curbele de variație a cheltuielilor și a timpului operativ în funcție de viteză. Se observă că viteza optimă din punctul de vedere al cheltuielilor v_e diferă de viteza optimă din punctul de vedere al productivității v_p.

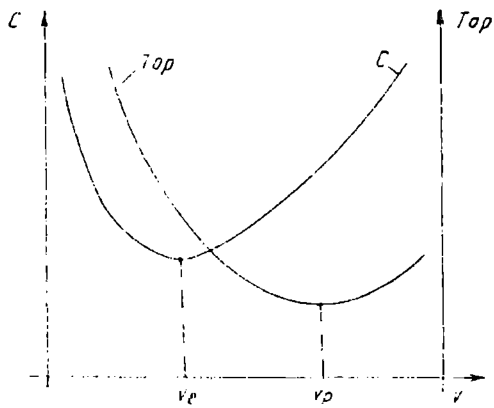


Fig. 5.23. Variația cheltuielilor și a timpului operativ în funcție de viteza de așchiere.

Calitatea. Unele din metodele de creștere a productivității muncii atrag după ele apariția unor abateri geometrice ale piesei (fig. 5.24). Astfel, creșterea avansului sau a adîncimii de așchiere duc la creșterea secțiunii așchiei și, în consecință, a forțelor de așchiere. Ca urmare a acestui fapt, piesele puțin rigide suferă deformații elastice care duc la

apariția unor abateri de formă la piesa prelucrată. Pentru ca metodele respective să poată fi totuși aplicate este necesar ca efectul lor negativ să nu depășească limitele admise de proiectant. O altă posibilitate este aplicarea unor măsuri care să controleze efectele respective (folosirea unor lunete pentru a micșora deformațiile, utilizarea unor cuțite cu o geometrie specială pentru micșorarea rugozității).

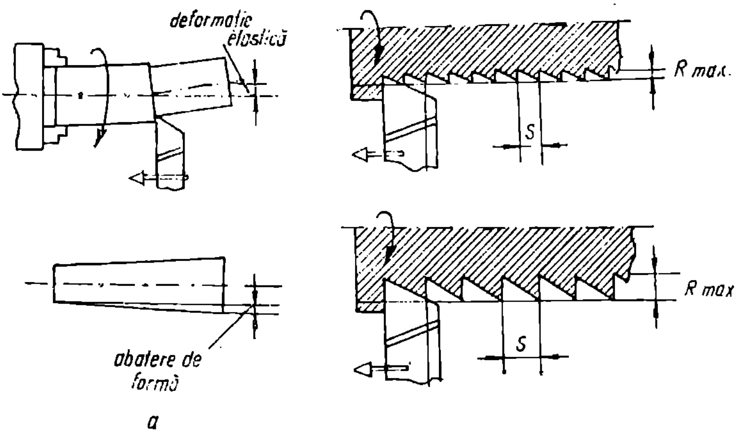


Fig. 5.24. Influența creșterii avansului asupra preciziei geometrice:
a — apariția abaterilor de formă ; *b* — creșterea rugozității.

Condițiile de muncă. În principiu, majoritatea metodelor care duc la reducerea timpului operativ T_{op} atrag după ele o intensificare a activității muncitorului. Această intensificare este limitată de posibilitățile fizice și psihice ale omului. Chiar dacă aparent muncitorul face față ritmului mai ridicat, cu timpul apare oboseala, neatenția, cu urmări directe asupra calității, productivității și securității muncii. De aceea, este necesar ca măsurile luate pentru creșterea productivității muncii să fie însoțite de măsuri care să ușureze efortul fizic și psihic al muncitorului în noile condiții de muncă. Astfel, de exemplu, pentru manipularea pie-

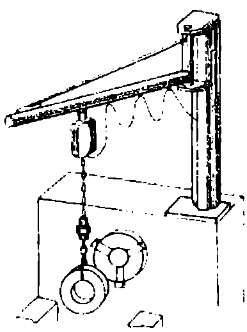


Fig. 5.25. Strung dotat cu instalație de ridicat proprie (macara cu consolă).

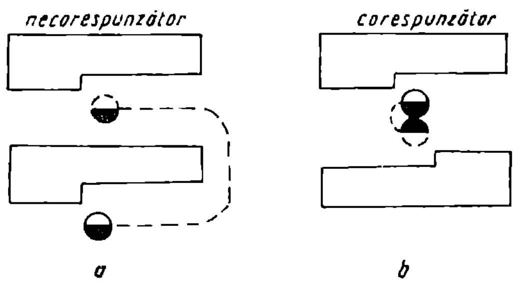


Fig. 5.26. Amplasarea mașinilor-unelte în cazul deservirii mai multor mașini de către un singur muncitor.

selor de dimensiuni mijlocii, mașina-unealtă poate fi dotată cu o instalație de ridicat (fig. 5.25). De asemenea, după cum se poate vedea în figura 5.26, amplasarea corespunzătoare a mașinilor, în cazul deservirii mai multor mașini de către un muncitor, poate reduce considerabil efortul depus de acesta.

5.2. AUTOMATIZAREA MAȘINILOR-UNELTE

5.2.1. Generalități

Orice proces de producție necesită o serie de mișcări executate de om sau de mașină, simultan sau succesiv, într-o corelație bine determinată. Creșterea productivității muncii, după cum s-a văzut, implică creșterea vitezei, forțelor și a numărului de mișcări care se execută simultan. În cazul muncii manuale, aceasta înseamnă creșterea solicitărilor fizice sau psihice ale muncitorului. Din punct de vedere fizic, omul trebuie să furnizeze lucrul mecanic necesar desfășurării procesului de producție, iar din punct de vedere psihic să comande, să controleze, să coordoneze mișcările care sînt necesare desfășurării procesului. Productivitatea muncii, la care s-a ajuns în prezent, nu ar fi fost posibilă fără o înlocuire parțială sau totală a omului de către mașină și a funcțiunilor pe care el le îndeplinește în procesul de producție.

Inlocuirea parțială sau totală a omului ca sursă de lucru mecanic în procesul de producție poartă numele de *mecanizare*. Elementele mașinilor care furnizează lucru mecanic în forma cerută de procesul de producție se numesc *elemente de execuție* sau *motoare*.
Inlocuirea totală sau parțială a omului în funcție de comandă, coordonare și control a proceselor de producție poartă numele de *automatizare*.

Elementele cu ajutorul cărora mașina realizează aceste funcțiuni se numesc *elemente de automatizare* sau *de comandă*, iar ansamblul lor formează *sistemul de comandă* al mașinii.

Posibilitățile oferite de mecanizare și automatizare pot fi ilustrate, comparînd performanțele mașinilor actuale cu performanțele omului. Astfel, un om poate furniza, în decursul unui schimb de 8 ore, o energie de 5,5—8,5 M.J., dezvoltînd o putere medie de 0,2—0,3 kW, pe durate de 2—5 min. Mașinile-unelte de mărime mijlocie actuale au puteri de 2—10 kW, ajungînd la 100—150 kW, la mașinile-unelte grele. Viteza medie de citire a omului este de 20 de caractere pe secundă, ajungînd pînă la maximum 50—100 caractere/s. Un cititor de bandă perforată poate citi 200 de caractere/s, iar un cititor de bandă magnetică, 100 000 de caractere/s. Timpul de reacție al omului la semnale luminoase sau sonore este de 0,1—0,4 s, în timp ce servomotoarele electrice răspund la impulsuri de comandă în 0,001—0,01 s.

Funcțiunile mașinilor-unelte. Dacă se analizează prelucrarea prin așchiere se constată că pentru orice operație este necesară îndeplinirea unor funcțiuni. Fiecare funcțiune este realizată de una sau mai multe mișcări, efectuate de același sau de diferite elemente ale mașinii sau dispozitivului (sănii, mese, arbori principali etc.) sau de muncitor.

Cele mai importante funcțiuni ale mașinilor-unelte sînt :

— funcțiunea principală, realizată de mișcarea principală a mașinii-unelte ;

— funcțiunea de avans, realizată de una sau mai multe mișcări, simultan sau succesiv. Mașinile clasice au una (mașină de găurit), două (strungul), trei (mașini de frezat), putînd ajunge la șase mișcări de avans la mașinile-unelte grele și complexe (mașini de frezat portal, strungul carusel etc.) ;

— funcțiunea de alimentare cu piese, realizată de muncitor sau de dispozitive speciale, printr-un complex de mișcări ;

— funcțiunea de orientare și fixare a piesei, realizată de dispozitivul de prindere ;
— funcțiunea de schimbare a sculei, realizată de muncitor sau de elementele speciale ale mașinii ;
— funcțiunea de apropiere și retragere rapidă între piesă și sculă, realizată prin mișcări ce au traiectorii comune cu mișcările de avans ;
— funcțiunea de poziționare relativă între sculă și piesă realizată de muncitor, de dispozitive sau elemente ale mașinii-unelte prin una sau mai multe mișcări distincte ;
— funcțiunea de comandă, care se asociază fiecărei mișcări în parte — în acest caz numindu-se *comandă individuală* — sau mai multor mișcări, implicînd și coordonarea lor, caz în care se numește *comandă centralizată*. Această funcțiune poate fi realizată de muncitor sau de mașină. In unele cazuri, de exemplu cel al comenzii electronice, îndeplinirea funcțiunii nu implică realizarea nici unei mișcări ;
— funcțiunea de reglare, acre se asociază unora din mișcări, care au parametrii variabili ; ea se poate executa în același mod ca și funcțiunea de comandă ;
— funcțiunea de control, care poate fi aplicată uneia sau tuturor miș-

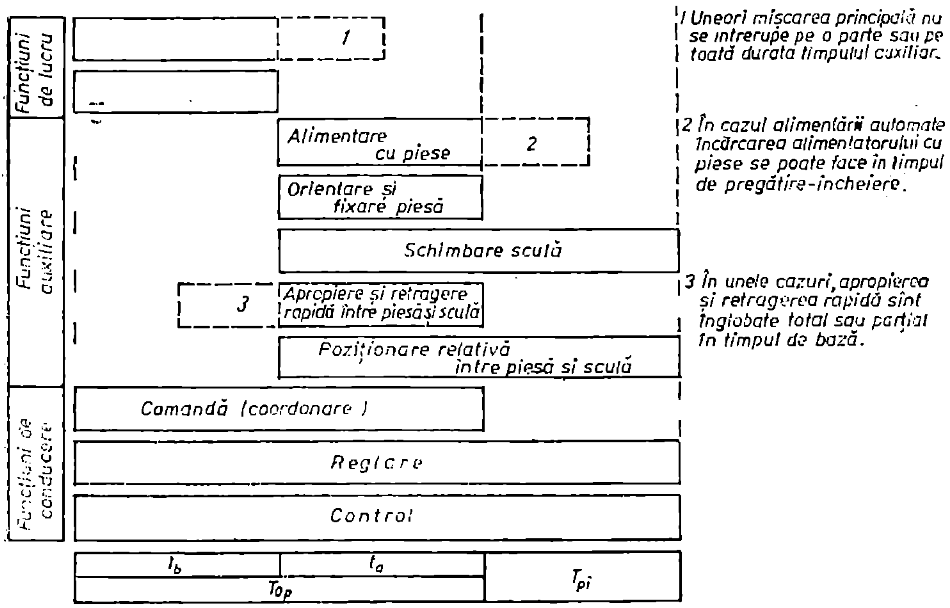


Fig. 5.27. Dispunerea în timp a funcțiunilor procesului tehnologic.

cărilor, ce se execută în timpul operațiilor sau rezultatelor prelucrării, adică piesei. Dacă controlul se execută în timpul prelucrării, poartă numele de *control activ*. Controlul poate fi executat de muncitor, de dispozitive sau de mașină.

Funcțiunile prezentate pot fi grupate în : *funcțiuni de lucru* — principală și de avans — care participă nemijlocit la procesul de prelucrare, *funcțiuni ajutătoare* sau *auxiliare* (alimentarea cu piese, orientarea și fixarea piesei, schimbarea sculei, apropierea și retragerea rapidă, poziționarea relativă piesă-sculă) și *funcțiuni de conducere* (comandă, reglare, control).

În figura 5.27 se arată situarea diferitelor funcțiuni în raport cu desfășurarea operației tehnologice.

Mișcările corespunzătoare diferitelor funcțiuni pot fi manuale sau mecanizate (fig. 5.28). În primul caz, ele sînt realizate în întregime de muncitor, iar în al doilea, prin intermediul unui lanț cinematic sau mecanism. Aceste lanțuri cinematice pot fi la rîndul lor acționate manual sau mecanic. Mișcările cu acționare mecanică pot fi comandate manual sau automat (v. tabelul 5.2).

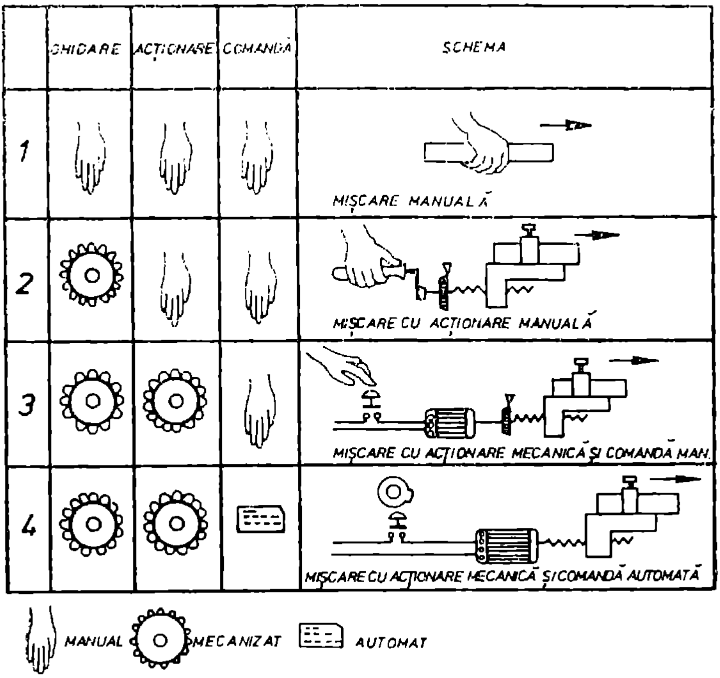


Fig. 5.28. Clasificarea mișcărilor.

Fiecare mișcare este determinată de o serie de elemente caracteristice : traiectorie, poziție inițială, viteză, sens, amplitudine. Aceste elemente pot avea :

— o singură valoare constantă ;

— o variație discretă (un număr finit de valori distincte) ;

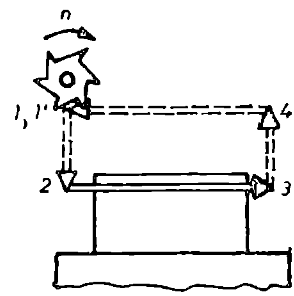
— o variație continuă (teoretic un număr finit, practic un număr finit, dar foarte mare de valori).

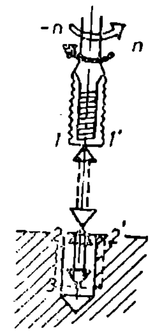
Ciclul de prelucrare. Totalitatea mișcărilor necesare pentru realizarea unei operații formează un *ciclu*. La sfîrșitul operației, toate elementele mobile se vor găsi în poziția inițială, iar la prelucrarea altei piese identice, toate mișcările ciclului se vor repeta întocmai. Uneori, se poate ca și unele părți ale unei operații (faze, treceri etc.) sau ansamblul mișcărilor care realizează o funcțiune auxiliară (alimentarea cu piese, schimbarea sculei etc.) să formeze cicluri distincte, care să se repete întocmai chiar la prelucrarea unei piese diferite.

Un ciclu poate fi caracterizat prin traiectoria unuia dintre elementele mobile.

Pe această traiectorie, realizată de obicei prin compunerea mai multor mișcări, se deosebesc o serie de puncte caracteristice, care corespund cu modificarea sensului și vitezei mișcărilor, ca urmare a unor comenzi date

de muncitor sau de sistemul de comandă al mașinii. În figura 5.29 sînt reprezentate trei exemple de cicluri simple, scoțîndu-se în evidență punctele caracteristice ale ciclului, comenzile corespunzătoare, sensul și viteza mișcării. În practică se întîlnesc însă și cicluri mai complexe, ca acela





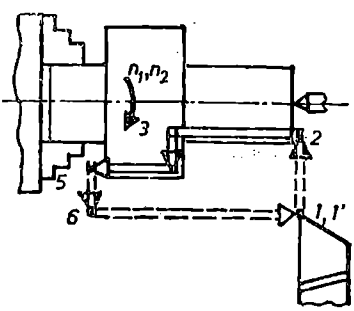
Punctul	M.P.	M.A.L.	M.A.V.
1	P(n)	O(o)	$P(s_r)$
2	(n)	$P(s_l)$	O(o)
3	(n)	O(o)	$P(-s_r)$
4	(n)	P(−s)	(Oo)
1	O(o)	O(o)	(o)

Punctul	M.P.	M.A.
1	P(n)	$P(s_r)$
2	(n)	$S(s_1)$
3	S'(−n)	$S'(-s_1)$
2'	(−n)	$S(-s_1)$
1'	O	O

Legendă

Comenzi :

M.P. — mișcare principală ;
M.A.L. — mișcare de avans longitudinal ;
M.A.T. — mișcare de avans transversal ;
M.A.V. — mișcare de avans vertical ;
P — pornit ;
O — oprit ;
S — schimbarea vitezei ;
S' — schimbarea sensului.
Viteze (n) ; (n_1) ; (n_2) — turații :
(s) — avans de lucru ;
(s_r) — apropiere sau retragere rapidă.



Punctul	M.P.	M.A.I.	M.A.T.
1	$P(n_1)$	—	P(s)
2	(n_1)	$P(s_l)$	O
3	$S(n_2)$	O	$P(-s_l)$
4	(p_2)	$P(s_l)$	O
5	(n_2)	O	$P(-s_r)$
6	(n_2)	$P(-s_r)$	O
1	O	O	—

Fig. 5.29. Exemple de cicluri de prelucrare :
a — frezare cilindrică ; *b* — filetare cu tarodul ; *c* — strunjire.

din figura 5.30. Pe porţiunea curbă a traiectoriilor, teoretic, fiecare punct constituie un punct caracteristic, în care este necesară transmiterea unor comenzi. În realitate, comenzile se dau într-o serie de puncte foarte apropiate dar distincte.

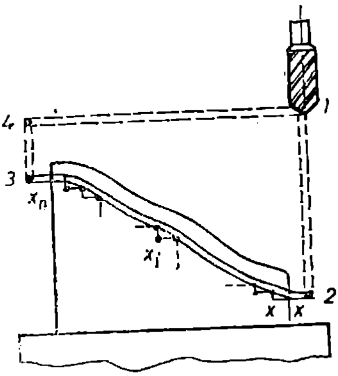


Fig. 5.30. Ciclul de prelucrare a unei suprafeţe complexe.

Tabelul 5.1

Modelul de realizare a diferitelor funcţiuni la maşinile-unelte

Funcţiunea		Modul de realizare
De lucru	Principală	*3, 4*
	De avans	*2, 3, 4*
Ajutătoare	Alimentare cu piese	*1, 2, 3, 4*
	Orientare şi fixare	*2, 3, 4*
	Schimbare a sculei	*1, 2, 3, 4*
	Apropiere şi retragere rapidă	*2, 3, 4*
	Poziţionare relativă între sculă şi piesă	*2, 3, 4*

1 — manual ;
2 — cu acţionare manuală ;
3 — cu acţionare mecanică şi comandă manuală
4 — cu acţionare mecanică şi comandă automată.

Ciclurile operaţiilor de prelucrare conţin mişcări ale tuturor funcţiunilor de lucru şi auxiliare.

Gradul de mecanizare şi automatizare al maşinilor-unelte se apreciază după modul de realizare a tuturor mişcărilor. Fiecare tip de mişcare poate fi realizat în mai multe moduri (tab. 5.1).

O maşină-unealtă se numeşte :
— *automată*, dacă muncitorul nu intervine pe durata ciclului (care coincide cu T_{op}) ci numai pe durata $T_{pî}$, deci toate mişcările sînt mecanizate şi comandate automat ;
— *semiautomată*, cînd toate mişcările sînt mecanizate şi comandate automat, cu excepţia alimentării cu piese.

5.2.2. Elementele sistemelor de automatizare

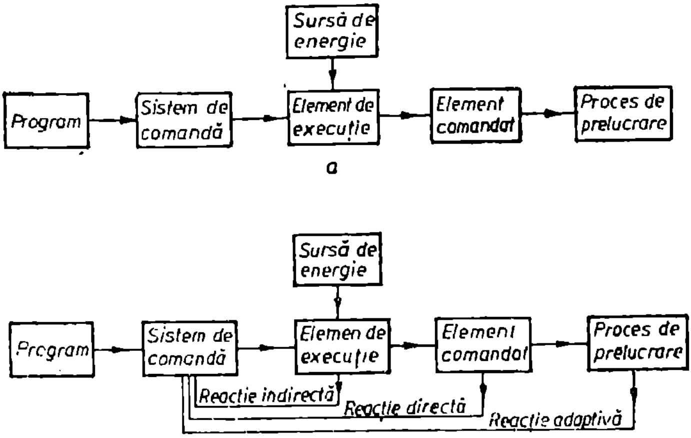
a. **Probleme generale.** Pentru realizarea ciclului corespunzător unei operaţii de prelucrare, sistemul de comandă — în cazul maşinilor automatizate — sau muncitorul — în cazul maşinilor neautomatizate — operează cu *informaţii.* Aceste informaţii se referă la forma şi dimensiunile respective, la desfăşurarea procesului de prelucrare. Sistemul de comandă primeşte, prelucrează şi emite semnale, care poartă informaţia respectivă.

Totalitatea informaţiilor necesare sistemului de comandă pentru realizarea unui ciclu, în momentul începerii acestuia, poartă numele de *program.*

Sistemul de comandă emite semnale către elementele de execuţie. Acestea primesc energie de la o sursă externă şi o transformă în lucru

mecanic conform cu necesitățile ciclului, punînd în mișcare elementul comandat care, prin intermediul părților sale active, participă la procesul de prelucrare.

Dacă sistemul de comandă nu primește alte informații în timpul desfășurării ciclului, decît cele cuprinse în program, sistemul de automatizare este cu *circuit deschis* (fig. 5.31, *a*). Dacă sistemul de comandă pri-



b

Fig. 5.31. Schema bloc a sistemului de automatizare :
a — cu circuit deschis ; *b* — cu circuit închis.

mește informații cu privire la modul cum sînt executate comenzile sale, informații care sînt folosite pentru corectarea desfășurării procesului, sistemul este cu *circuit închis* sau cu *reacție* (fig. 5.31, *b*). Reacția poate fi diferită în funcție de locul de unde provin informațiile : dacă ele provin de la elementul de extracție, reacția este *indirectă*, dacă provin de la elementul comandat, reacția este *directă*, iar dacă provin chiar din procesul de prelucrare, ea este *adaptivă* (v. fig. 5.31, *b*). În general, reacțiile directă și indirectă conțin, în cazul mașinilor-unelte numai informații geometrice sau cinematice, în timp ce reacția adaptivă conține și informații dinamice și fizice.

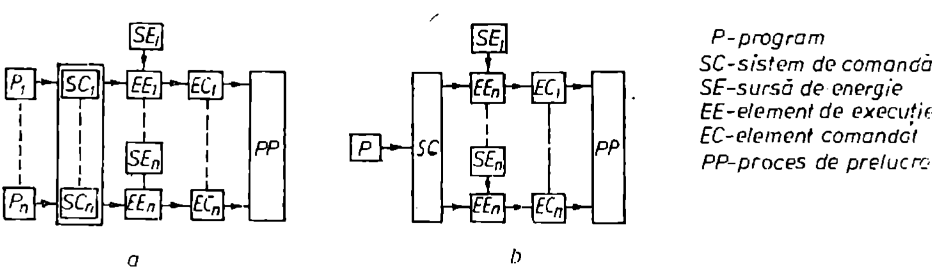


Fig. 5.32. Sisteme de automatizare complexe cu mai multe mișcări :
a — sistem de comandă descentralizat ; *b* — sistem de comandă centralizat.

După cum s-a mai arătat, sistemul de comandă poate fi *descentralizat*, în care caz el se compune dintr-o serie de sisteme de comandă individuală, pentru fiecare funcțiune sau chiar mișcare, avînd program separat, sau *centralizat*, în care caz, există un singur sistem care comandă și corelează toate elementele de execuție și un singur program (fig. 5.32).

Unele funcțiuni auxiliare, care au același ciclu pentru mai multe programe complete de prelucrare (de exemplu, alimentarea cu material, schimbarea sculei, schimbarea turației etc.), pot avea programe proprii, care însă sînt subordonate programului principal, și poartă numele de *subprogram*. Asemănător, se pot realiza sisteme la care programul general este neschimbat, în timp ce subprogramele se modifică. În aceste

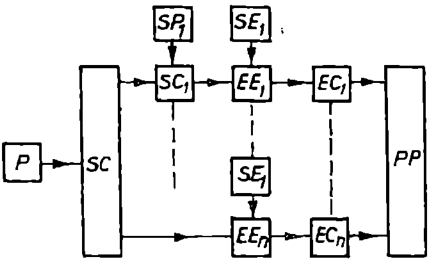


Fig. 5.33. Sistem de comandă ierarhic.

cazuri, în programul principal se comandă doar pornirea și oprirea subprogramului respectiv, ciclul funcției fiind executat de sistemul său de comandă. Aceste sisteme se numesc *sisteme ierarhice*, deoarece sistemele lor de comandă formează o ierarhie : sistemele de comandă ale funcțiilor respective sînt subordonate sistemului de comandă central sau principal (fig. 5.33).

O problemă importantă o reprezintă și modul de corelare a mai multor deplasări de amplitudini variabile. Este vorba concret de mișcările liniare sau circulare de avans, poziționare, apropiere și retragere rapidă, care compun traiectoria mișcării relative piesă-sculă. Posibilitățile de comandă ale acestor mișcări se vor exemplifica pe un sistem de două mișcări liniare perpendiculare (de exemplu, avansurile longitudinal și transversal ale unei mașini de frezat verticală) astfel :

— *comandă punct cu punct sau de poziționare*. Cele două mișcări sînt independente și au viteze v constante. Nu are importanță decît punctul final, indiferent de drumul parcurs. Acest tip de comandă (fig. 5.34, *a*) este caracteristic mișcărilor auxiliare (poziționare, apropiere și retragere rapidă) ;

— *comandă liniară sau axială*. Mișcările sînt independente, fiind corelată doar ordinea în care ele se execută. Vitezele v sînt constante sau variabile, în trepte. Segmentele drumului sînt paralele cu direcțiile celor două mișcări *OX—OY* (fig. 5.34, *b*). Acesta este un tip de comandă caracteristic prelucrării unor piese cu contur relativ simplu ;

— *comandă de conturare*. Mișcările sînt corelate foarte precis (fig. 5.34, *c*), vitezele celor două mișcări în fiecare punct depinzînd de direcția traiectoriei, care poate avea forme complexe. Cel puțin una din mișcări trebuie să aibă viteza variabilă continuă. Se pot prelucra piese cu formă foarte complicată.

b. **Programul.** Informațiile cuprinse în program se referă la caracteristicile mișcărilor necesare realizării ciclului de prelucrare, precum și la situarea lor în timp și corelarea lor. Programul se referă numai la mișcările ce se produc în cadrul timpului operativ T_{op}. Mișcările ce au loc în cadrul timpului de pregătire-încheiere T_{pi} nu sînt cuprinse în pro-

gram şi, chiar la maşinile automate, se execută cu comandă sau acţionare manuală sau chiar manual. În program sînt cuprinse numai informaţii privind corelaţia între diferitele mişcări şi informaţii, privind parametrii variabili ai mişcărilor. De exemplu, pentru o mişcare cu viteză fixă nu se indică în program valoarea acesteia ci numai momentele pornirii şi opririi, în măsura în care mişcarea se corelează cu alte mişcări.

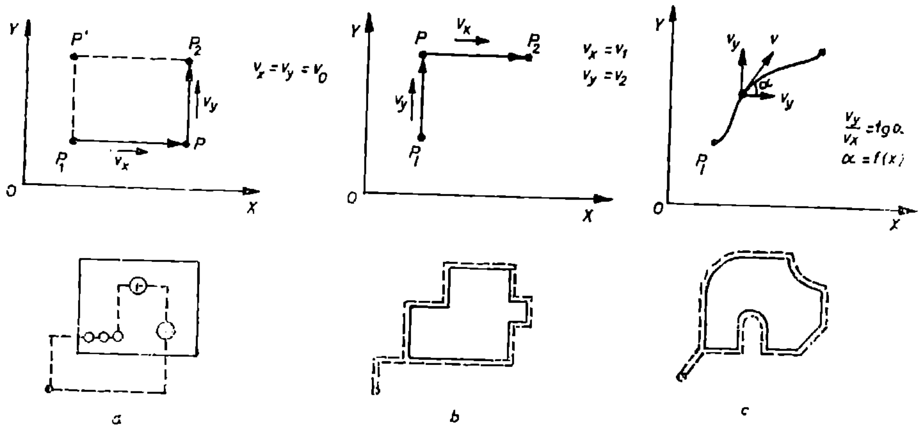


Fig. 5.34. Corelarea între mişcări :
a — comandă punct cu punct ; *b* — comandă liniară ; *c* — comandă de conturare.

Informaţiile referitoare la mărimile care au o variaţie discretă, în trepte, poartă numele de *informaţii de comutaţie* (de exemplu, pornirea şi oprirea unui motor, sensul de mişcare, viteza în cazul folosirii cutiilor de viteze în trepte, unghiul de divizare etc.).

Informaţiile referitoare la mărimile cu variaţie continuă se numesc *informaţii de deplasare* (de exemplu, amplitudinea deplasării liniare sau unghiulare).

Dacă informaţia referitoare la o mărime este exprimată printr-o altă mărime fizică proporţională cu ea, exprimarea se numeşte *analogică* (de exemplu, mărimea unei viteze de deplasare, exprimată prin valoarea unei rezistenţe electrice cu corespondenţa : 1 m/min — 1 Ω).

Dacă informaţia este exprimată sub forma unui simbol abstract, în particular un număr întreg, exprimarea se numeşte *digitală* sau *numerică*. De obicei, simbolul sau numărul se materializează sub forma unor impulsuri mecanice, electrice etc.

În cazul informaţiilor de comutaţie, între mărimea exprimată şi numărul care o exprimă nu este necesar să existe o proporţionalitate.

Exemplu. Un număr de patru viteze de deplasare pot fi exprimate cu numerele 1, 2, 3, 4, indiferent de valorile vitezelor respective ; sensurile de deplasare pot fi exprimate cu 1 pentru mişcarea spre dreapta şi cu 2 pentru mişcarea spre stînga.

În cazul informaţiilor de deplasare, expresia mărimii este valoarea numerică rotunjită (întreagă sau cu un număr de zecimale) a mărimii măsurate cu o anumită unitate de măsură.

Exemplu. Deplasarea de 1/3 m = 0,3333...m se poate exprima numeric cu 33 cm ; 333 mm 333333 μm etc., în funcție de precizia cu care se lucrează.

De obicei informațiile de comutație sînt exprimate numeric, cele de deplasare putînd fi exprimate atît analogic cît și numeric.

Pentru a fi transformat în mișcările ciclului de prelucrare, programul trebuie „citit" de sistemul de comandă.

În sistemele de automatizare deschise, programul este „citit" cu viteză uniformă de către sistemul de comandă, care emite comenzile în ordinea indicată de program (în acest caz, în program trebuie să existe, pentru fiecare mișcare, atît comanda de pornire, cît și cea de oprire). Durata citirii programului este egală cu durata ciclului.

În sistemele de automatizare în circuit închis, anularea comenzilor se face prin intermediul circuitului de reacție, programul neconținînd decît comenzile de pornire ale diferitelor mișcări. Programul este citit cu viteză variabilă, el fiind împărțit în *pași* sau în *secvențe.* Citirea unei secvențe nu se face decît după ce a sosit prin circuitul de reacție confirmarea executării celei precedente.

Primul tip de sistem se mai numește și sistem de automatizare *temporal,* iar cel de al doilea poartă numele de sistem de automatizare *secvențial.* În figura 5.35 sînt prezentate ciclogramele unui sistem temporal și ale unui sistem secvențial.

Ciclograma este reprezentarea grafică a desfășurării unui ciclu automat.

Se observă că pentru o mișcare oarecare k, într-un sistem temporal, durata t_k este fixată prin program. Dacă se consideră că mișcarea are viteză constantă v, înseamnă că amplitudinea sau lungimea l_k a mișcării este fixată în program :

$$\boxed{l_k = v \cdot t_k} \tag{5.7}$$

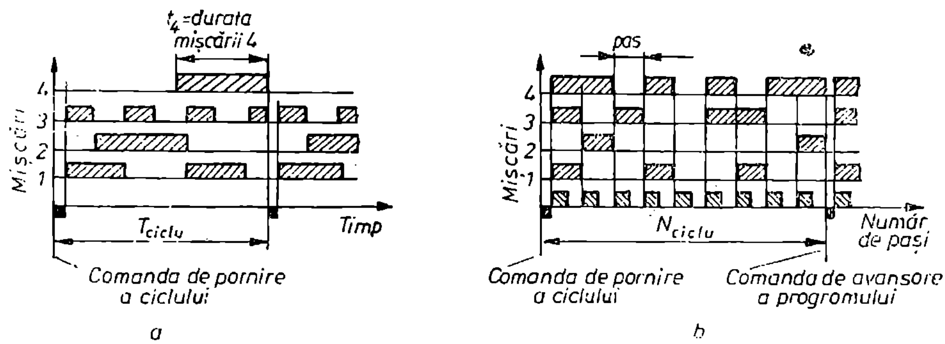


Fig. 5.35. Ciclogramele unor sisteme automate :
a — sistem temporal ; *b* — sistem secvențial.

Prin urmare, informațiile de deplasare sînt cuprinse în program sub forma duratelor mișcărilor respective, iar informațiile de comutație sînt cuprinse sub forma momentelor de executare a comenzilor. Rezultă deci, că programele sistemelor temporale cuprind în totalitate informațiile necesare desfășurării ciclului.

În programele sistemelor secvenţiale, care sînt prin natura lor directe, nu îşi găsesc locul în mod normal decît informaţiile de comutaţie. Informaţiile de deplasare sînt codificate analogic sub diferite forme independente de program.

Codificarea numerică a informaţiilor de deplasare în cazul sistemelor secvenţiale ar necesita descompunerea, de exemplu, a lungimii l_k într-un număr de secvenţe egale cu precizia cerută a mişcării (între 0,1 mm şi 1 µm), în fiecare secvenţă realizîndu-se un astfel de segment. Acest lucru ar duce la nişte programe foarte lungi şi greoaie. De aceea sistemele care folosesc codificarea numerică au nişte programe simplificate pe baza cărora sistemul de comandă îşi realizează programul efectiv, amănunţit, care conduce procesul de prelucrare.

În funcţie de posibilităţile de programare sistemele pot fi :
— cu program fix unic (poate realiza un singur ciclu) ;
— cu mai multe programe fixe (poate realiza un ciclu la alegere, dintr-un număr de cicluri fixat iniţial) ;
— liber programabil (poate realiza orice ciclu rezultat din combinarea mişcărilor cu toate valorile posibile ale parametrilor).

Ca exemplificare se poate cita o masă rotativă construită în trei variante : cu program fix de rotire cu 90°, cu program la alegere de rotire 15°, 30°, 45°, 60°, 90°, 120° sau 180° şi cu rotire programabilă, cu orice unghi cu precizie de 0,01°.

Introducerea programului în maşină se poate face fie *manual* prin intermediul unor comutatoare, selectoare etc., fie prin intermediul unor *purtători de program externi*. Informaţia necesară desfăşurării ciclului poate fi conţinută de purtătorul de program (şablon, bandă perforată etc.) sau realizată prin poziţionarea pe maşină a purtătorului de program (limitator fişe etc.). De obicei, maşinile-unelte au sisteme de automatizare în care coexistă diverse moduri de introducere a programului pentru diverse părţi ale acestuia.

c. **Purtători şi cititori de program.** 1) *Cama.* Mecanismul cu camă sau mecanismul camă-tachet transformă o mişcare uniformă de rotaţie sau

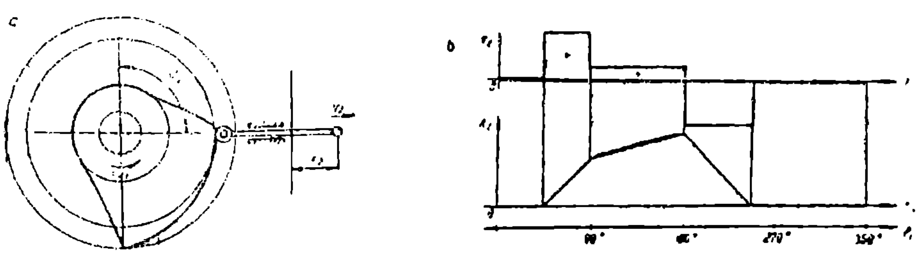


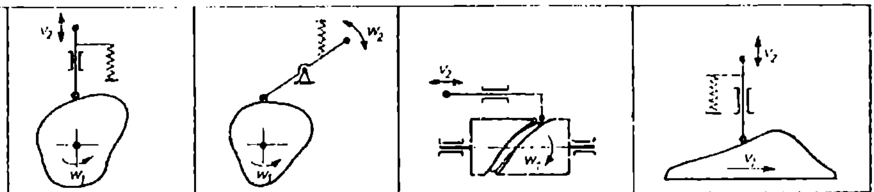
Fig. 5.36. Mecanismul cu camă :
a — schema de principiu ; *b* — variaţia deplasării x şi vitezei v în funcţie de unghiul de rotaţie al camei φ_1.

translaţie, numită *mişcare de comandă*, într-o mişcare de translaţie sau oscilaţie neuniformă, a cărei lege de variaţie este materializată pe camă (fig. 5.36).

Profilul camei determină atît deplasarea cît şi viteza deplasării, în funcţie de unghiul mişcării de comandă sau, ceea ce revine la acelaşi lucru, în funcţie de timp (mişcarea de comandă este uniformă).

Camele se clasifică, după mişcarea de comandă (fig. 5.37), în : *came de rotaţie*, care pot fi disc sau cilindrice, şi *came de translaţie*. Mişcarea tachetului poate fi rectilinie sau oscilantă.

O particularitate a camelor, faţă de ceilalţi purtători de program, constă în aceea că ele reprezintă totodată şi elementul de execuţie, sursa de energie fiind motorul care roteşte axul camei.

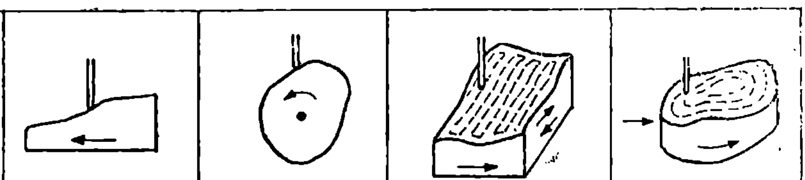


Tipul camei	disc	disc	cilindrică	de translaţie
Mişcarea tachetului	rectilinie	oscilantă	rectilinie	rectilinie

Fig. 5.37. Clasificarea mecanismelor cu camă.

În mecanismele cu camă nu există amplificare de energie. Mişcarea se transmite elementului comandat, prin intermediul unor mecanisme cu pîrghii sau roţi dinţate. În consecinţă, se poate realiza o creştere a forţei pe seama reducerii cursei elementului activ. Cu ajutorul mecanismelor cu came se pot realiza comenzi de conturare, prin folosirea de exemplu a două mecanisme camă-tachet, care se rotesc pe acelaşi ax sau pe axuri sincronizate, şi acţionează două sănii perpendiculare. Camele se folosesc atît la comanda mişcărilor de lucru cît şi a celor auxiliare.

2) *Şabloane*. Acestea reprezintă purtători de program care reproduc forma suprafeţei piesei de prelucrat sau o secţiune din ea, la scara 1 : 1 sau, mai rar, la o altă scară. Ele servesc la conducerea mişcării relative între sculă şi piesă în cazul prelucrării suprafeţelor complicate prin metoda copierii (v. cap. 1).



Tipul şablonului	plan	plan	spaţial	spaţial
Mişcarea şablonului	translaţie	rotaţie	translaţie+translaţie	rotaţie+translaţie

Fig. 5.38. Clasificarea şabloanelor.

Şabloanele pot fi plane sau spaţiale. Pentru ca şi cititorul de program, care, în acest caz, poartă numele de *palpator*, să parcurgă şablonul este nevoie de o mişcare relativă de transport, pentru şabloanele plane şi de două mişcări, pentru şabloanele spaţiale (fig. 5.38).

Spre deosebire de came, la şabloane, mişcările de transport sînt în acelaşi timp mişcări de avans.

„Citirea" șabloanelor se poate face direct, cu scula așchietoare legată rapid pe palpator, sau indirect, prin intermediul unui sistem de amplificare hidraulică sau electrică (fig. 5.39).

În primul caz, apăsarea palpatorului pe șablon se face cu o forță egală cu apăsarea sculei pe piesă. În cazul „citirii" indirecte, forța de apăsare a palpatorului este de zeci sau chiar de sute de ori mai mică decît forța de apăsare a sculei pe piesă, ceea ce duce la micșorarea uzurii șablonului (posibilitatea confecționării sale dintr-un material ieftin, ușor de prelucrat) și la mărirea sensibilității reproducerii.

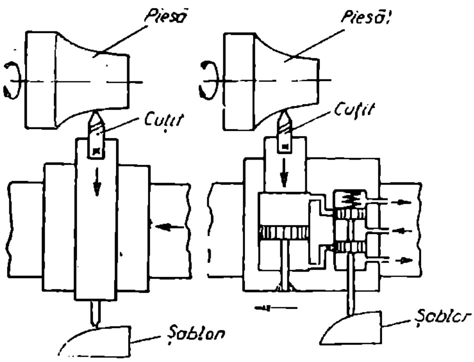


Fig. 5.39. Moduri de citire a șabloanelor: a — directă ; b — cu amplificare (hidraulică).

Un caz particular îl reprezintă folosirea ca șablon chiar a desenului piesei, palpatorul fiind în acest caz un spot luminos dintr-un sistem fotoelectric.

3) *Opritori și came de impuls.* Spre deosebire de purtătorii de program prezentați mai înainte, care înmagazinează o cantitate relativ mare de informație (ciclul complet al unei mișcări, forma unei suprafețe etc.), opritorii și camele de impuls nu servesc decît la materializarea unei singure mărimi (o durată, o lungime etc.), care depinde de poziția opritorului sau a camei de impuls.

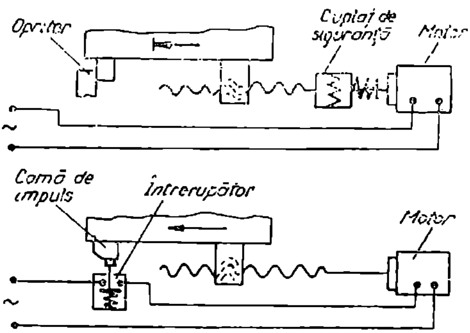


Fig. 5.40. Oprirea la cotă.

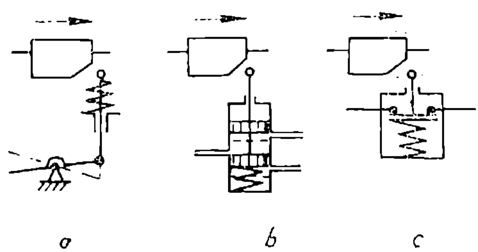


Fig. 5.41. Tipuri de cititori: a — mecanic (pîrghie) ; b — hidraulic, pneumatic (sertăraș) ; c — electric (întrerupător).

Opritorul (fig. 5.40) realizează, după cum arată și numele, oprirea unei mișcări la o anumită cotă, prin acțiune mecanică (împiedicarea deplasării mai departe a elementului mobil).

Camele de impuls acționează prin intermediul unor cititori care emit în momentul contactului cu cama un impuls mecanic, hidraulic, pneumatic sau electric, în funcție de felul cititorului (fig. 5.41). Semnalul emis este folosit pentru comanda diferitelor elemente în sistemul de automatizare. Sistemele camă de impuls-cititor poartă și denumirea de *limitatoare.*

Montarea opritorilor și a camelor de impuls se poate face fie pe organele care execută mișcarea de comandă, fie chiar pe elementele co-

mandate (fig. 5.42). În primul caz, viteza mișcării de comandă fiind constantă, poziția camelor materializează niște momente sau durate. În al doilea caz, ele materializează o lungime sau un unghi; lungimea sau unghiul pot fi materializate uneori prin poziția camelor de impuls *C* (fig. 5.43, *a*), iar alteori, prin poziția cititorilor *I* (fig. 5.43, *b*).

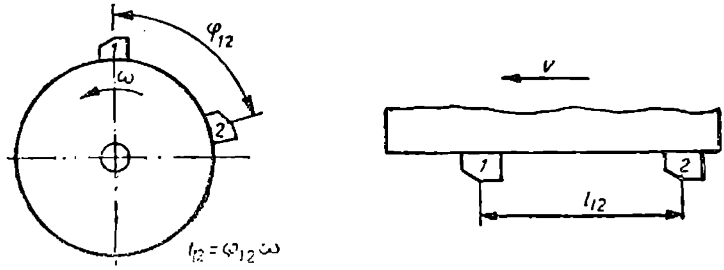


Fig. 5.42. Codificarea informației cu ajutorul camelor de impuls: *a* — mișcarea de rotație a axului de comandă; *b* — mișcarea de transmisie a elementului comandat; *1—2* — came de impuls.

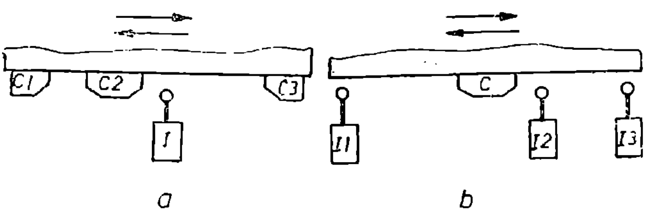


Fig. 5.43. Montarea camelor de impuls și a limitatoarelor.

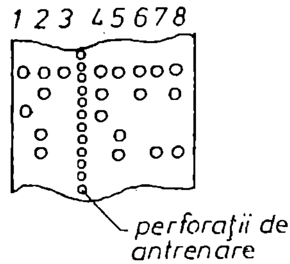


Fig. 5.44. Bandă perforată.

Opritorii se folosesc pentru sisteme de automatizare simple, folosite la mașini-unelte universale. Cu ajutorul camelor de impuls se pot realiza sisteme de automatizare complexe, punct cu punct sau liniare.

În ultimul timp au apărut dispozitive analoage, din punct de vedere funcțional, cu camele de impuls, dar care lucrează fără contact mecanic (electromagnetice, pneumatice sau fotoelectrice). În sistemele de automatizare cu opritori și came de impuls, programarea unor informații nelegate direct de deplasări se poate face și cu ajutorul *panourilor cu fișe*. Acestea înlocuiesc camele de impuls de pe axul sau tamburul de comandă (nu și pe cele de pe elementele comandate ca: sănii, mese, traverse etc.). Fiecare coloană a panoului reprezintă un parametru al programului.

4) *Benzi perforate*. Acestea reprezintă unul din cele mai moderne sisteme de înregistrare a programelor și sînt folosite la mașinile-unelte cu comandă numerică. Informațiile în program apar sub forma unor perforații pe banda confecționată din hîrtie sau material plastic. Citirea se face electromecanic, pneumatic sau fotoelectric. La ora actuală pentru comanda mașinilor-unelte se folosesc benzi cu opt coloane de perforații (fig. 5.44).

Datorită cantității mari de informații cuprinse în programele înregistrate pe bandă perforată este necesară o analiză a modului de codificare a informațiilor.

Elementele programului sînt *semnele* sau *simbolurile*. Ca semne se utilizează cifrele de la 0 la 9, literele de la A la Z, precum și unele semne ca +, — ,(,) :, /, % sau prescurtări LF, HT, SP. Un semn ocupă o linie

a benzii, putînd avea teoretic pînă la opt perforații (în practică în codul ISO folosit la noi în țară se folosesc maximum șase). Modul de codificare a semnelor pe banda perforată se prezintă în figura 5.45.

Informațiile din ciclul de prelucrat, atît cele de comutare cît și cele de deplasare, sînt codificate numeric.

Ele apar în program sub forma unor *instrucțiuni* sau *comenzi*. O instrucțiune cuprinde un număr format din două pînă la șapte cifre,

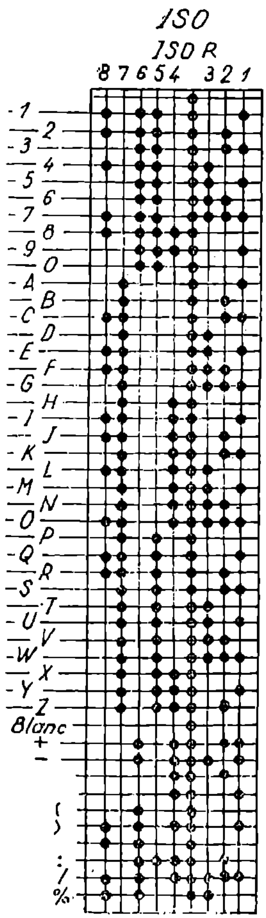


Fig. 5.45. Codul ISO.

Tabelul 5.2

Codificarea adreselor

Litera de adresă	Funcția mașinii
A	— Poziționare unghiulară în jurul axei *X*
B	— Poziționare unghiulară în jurul axei *Y*
C	— Poziționare unghiulară în jurul axei *Z*
D	— Poziționare unghiulară în jurul unei alte axe
E	— Poziționare unghiulară în jurul unei alte axe
F	— Viteză de avans (Feed)
G	— Funcție preparatorie
H	— Rezervă
I	— Coordonata *X* a centrului unui cerc
J	— Coordonata *Y* a centrului unui cerc
K	— Coordonata *Z* a centrului unui cerc
L	— Rezervă
M	— Funcție auxiliară
N	— Numărul blocului
O	— A nu se folosi
P	— Deplasare rapidă pe axa *X*
Q	— Deplasare rapidă pe axa *Y*
R	— Deplasare rapidă pe axa *Z*
S	— Turația arborelui principal (Speed)
T	— Sculă (Tool)
U	— Deplasare secundară paralelă axei *X*
V	— Deplasare secundară paralelă axei *Y*
W	— Deplasare secundară paralelă axei *Z*
X	— Coordonata *X*
Y	— Coordonata *Y*
Z	— Coordonata *Z*

întregi sau zecimale, precedate de o literă numită *adresă sau funcție*, care indică comanda la care se referă numărul respectiv (tab. 5.2).

Adresele se pot împărți în :

— *adrese geometrice*, care cuprind deplasările liniare și unghiulare ale elementelor mobile ale mașinii-unelte (adresele geometrice mai poartă numele de axele mașinii) și sînt în număr de două pînă la șase ;

— *adrese tehnologice*, care cuprind : turația axului principal *(S)*, avansul *(F)* (tab. 5.3) și codul sculei folosite *(T)*, în cazul cînd operația necesită mai multe scule, adresele *G* (funcții preparatorii) și *M* (funcții auxiliare), care conțin diferite comenzi executate de mașina-unealtă sau de instalația de comandă (tab. 5.4 și 5.5). Un ansamblu de instrucțiuni

Tabelul 5.3

Codificarea turaţiilor (S) şi vitezelor de avans (F)

Cod	Mărime codificată	Cod	Mărime codificată	Cod	Mărime codificată	Cod	Mărime codificată	Cod	Mărime codificată
00	Stop	20	10,0	40	100	60	1 000	80	10 000
01	1,12	21	11,2	41	112	61	1 120	81	11 200
02	1,25	22	12,5	42	125	62	1 250	82	12 500
03	1,40	23	14,0	43	140	63	1 400	83	14 000
04	1,60	24	16,0	44	160	64	1 600	84	16 000
05	1,80	25	18,0	45	180	65	1 800	85	18 000
06	2,00	26	20,0	46	200	66	2 000	86	20 000
07	2,24	27	22,4	47	224	67	2 240	87	22 400
08	2,50	28	25,0	48	250	68	2 500	88	25 000
09	2,80	29	28,0	49	280	69	2 800	89	28 000
10	3,15	30	31,5	50	315	70	3 150	90	31 500
11	3,55	31	35,3	51	355	71	3 550	91	35 500
12	4,00	32	40,0	52	400	72	4 000	92	40 000
13	4,50	33	45,0	53	450	73	4 500	93	45 000
14	5,00	34	50,0	54	500	74	5 000	94	50 000
15	5,60	35	56,0	55	560	75	5 600	95	56 000
16	6,30	36	63,0	56	630	76	6 300	96	63 000
17	7,10	37	71,0	57	711	77	7 100	97	71 000
18	8,00	38	80,0	58	800	78	8 000	98	80 000
19	9,00	39	90,0	59	900	79	9 000	99	Rapid

Tabelul 5.4

Adrese G

Adrese G	Funcţia maşinii	Adrese G	Funcţia maşinii
G 00	Poziţionare punct cu punct	G 33	Filetare pas constant
G 01	Interpolare inelară *(N)*	G 34	Filetare pas crescător
G 02	Interpolare circ. CLW *(N)*	G 35	Filetare pas descrescător
G 03	Interpolare circ. CCLW *(N)*	G 36 – G 39	Rezerve operaţii control
G 04	Oprire	G 40	Anulare compensare sculă
G 05	Prindere	G 41	Compensare sculă pe stînga
G 06	Interpolare parabolică	G 42	Compensare sculă pe dreapta
G 07	Rezervă	G 43 – G 49	Rezerve compensare sculă
G 08	Accelerare	G 50 – G 59	Rezerve
G 09	Decelerare	G 60 – G 79	Rezerve poziţionare

Tabelul 5.4 (continuare)

Adrese G	Funcţia maşinii	Adrese G	Funcţia maşinii
G 10	Interpolare liniară *(G)*	G 80	Anulare fixare ciclu
G 11	Interpolare liniară *(F)*	G 81	Fixare ciclul nr. 1
G 12	Interpolare în 3 dimensiuni	G 82	Fixare ciclul nr. 2
G 13			
G 16	Selectarea axelor	G 83	Fixarea ciclului nr. 3
G 17	Selectarea în planul *XY*	G 81	Fixare ciclul nr. 4
G 18	Selectarea în planul *ZY*	G 85	Fixare ciclul nr. 5
G 19	Selectare în planul *XZ*	G 86	Fixare ciclul nr. 6
G 20	= G 02 *(G)*	G 87	Fixare ciclul nr. 7
G 21	= G 02 *(F)*	G 88	Fixare ciclul nr. 8
G 22			
G 29	Rezerve	G 89	Fixare ciclul nr. 9
G 30	= G 03 *(G)*	G 90	Programare coordonate absolute
G 31	= G 03 *(F)*	G 91	Programare coordonate relative
G 32	Rezervă	G 92—G 99	Rezerve

Observaţii: *(N)* — normală; *(G)* — grosieră; *(F)* — fină.

Tabelul 5.5

Adrese M

Adrese M	Funcţia maşinii	Adrese M	Funcţia maşinii
M 00	Stop program	M 38	Turaţii ax principal, gama 1
M 01	Stop la alegere	M 39	Turaţii ax principal, gama 2
M 02	Sfîrşitul programului	M 40—M 45	Schimbarea roţilor
M 03	Ax principal rotaţie CW	M 46—M 49	Rezerve
M 04	Ax principal rotaţie CCW	M 50	Lichid răcire nr. 3
M 05	Stop ax principal	M 51	Lichid răcire nr. 4
M 06	Schimbare sculă	M 52—M 54	Rezerve
M 07	Lichid răcire nr. 2	M 55	Deplasare liniară sculă, poz. 1
M 08	Lichid răcire nr. 1	M 56	Deplasare liniară sculă, poz. 2
M 09	Stop lichid răcire	M 57—M 59	Rezerve
M 10	Stringere	M 60	Schimbarea piesei
M 11	Desfacere	M 61	Deplasare liniară piesă, poz. 1
M 12	Rezervă		
M 13	= M 03 + M 08	M 62	Deplasare liniară, piesă, poz. 2
M 14	= M 04 + M 08		
M 15	Mişcare pozitivă	M 63—M 67	Rezerve
M 16	Mişcare negativă	M 68	Stringere piesă
M 17—M 18	Rezerve	M 69	Desfacere piesă
M 19	Oprire orientare ax principal	M 70	Rezervă
M 20—M 29	Rezerve	M 71	Rotaţie piesă, poz. 1
M 30	Sfîrşitul benzii	M 72	Rotaţie piesă, poz. 2
M 31	Interblocare	M 73—M 77	Rezerve
M 32—M 35	Rezerve	M 78	Fixare masă
M 36	Avansuri, gama 1	M 79	Eliberare masă
M 37	Avansuri, gama 2	M 80—M 99	Rezerve

care conţine cel mult cîte o instrucţiune la fiecare din adresele maşinii-unelte poartă numele de *bloc* sau *frază*. Pentru identificarea frazei se foloseşte litera N urmată de numărul de ordine al frazei în cadrul programului, aşezată înaintea celorlalte instrucţiuni.

De obicei fiecare instrucţiune are un număr constant de cifre în funcţie de adresă (de exemplu, *N* are trei cifre : *G, M, S, F, T,* cîte două, adresele geometrice cîte cinci-şapte cifre). Ordinea adreselor este fixată astfel că o frază poate arăta în felul următor :

*N*015*G*91*X*0337, 24*S*44*F* 30*T*03*M*14.

citindu-se : fraza numărul 15 (*N*015), programare în coordonate relative (*G*91), deplasare pe axa *X* la cota 337,24 (*X*0337,24), turaţia axului arborelui principal $n = 160$ rot/min (*S*44), avansul $s = 31{,}5$ mm/min (*F*30), scula numărul 3 (*T*03), arborele principal în rotaţie *CLW* (în sens contrar acelor de ceasornic) şi lichidul de răcire pornit (*M*14).

În general, într-o fază în care la una din adrese instrucţiunea nu se schimbă faţă de fraza precedentă, ea nu se mai repetă. În consecinţă, nu toate adresele vor avea instrucţiuni în toate frazele.

Înainte de a fi trecut pe bandă, programul este scris în tabelul 5.6, numit *tabel program-piesă,* ale cărui coloane sînt adresele, iar pe fiecare

Tabelul 5.6

Tabel program-piesă

DESEN NR.				Banda nr.			Data		
Denumire, PLACĂ				Maşina			Programator		
Bloc. Nr.	G	X	Y	Z	F	S	T	M	OBSERVAŢII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H00t	G 81	X08000	Y06000	–Z04500	120	S0320	T155	M08	Găurire Ø 10
N002		X12000							
N003		X16000							
N004		X20000							
N005		X24000							
N006		X28000							
N007		X32000							
N008		X34000	Y10000						
N009			Y16000						
N010		X32000	Y20500						
N011		X28000	Y21000						
N012		X24000	Y21500						
N013		X20000	Y22000						
N014		X16000	Y22500						
N015		X12000	Y23000						
N016		X08000	Y23500						
N017		X08000	Y18000						
N018			Y11000					M06	Schimbare sculă
N019	G82	X08000	Y06000	–Z02800	F110	50180	T205		Adîncire 14/10
N036		X06000	Y18000						
N037			Y11000					M06	
H038	G00	X18000	Y14000	–Z04500	F040	50080	T311	M06	
H039	G83	X12000	Y14000	–04500	F120	50320	T220		Găurire Ø35
N040		X15000	Y08000						Găurire Ø8,5
N041		X21000							
N042		X24000	Y1400						
N043		X21000	191090						
N044		X15000							
N044								M06	

Tabelul 5.6 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H045	G84	X12000	Y14000		F030	S0020	T037	M09	
N046		X15000	Y08840						Filetare
N047		X21000							M 10×1,5
N048		X24000	Y14000						
N049		X21000	Y19198						
N050		X15000						M05	
N051		X00000	Y00000	Z00000				M00	
R052									

rînd va apare o frază. Mai pot să apară și o serie de coloane care să conțină informații suplimentare, care nu apar explicit în program, precum și unele observații (fig. 5.46). Programul scris în tabel poate fi perforat pe bandă semn cu semn în ordinea frazelor sau, uneori poate fi introdus în mașină manual, prin acționarea unor comutatoare, frază cu frază.

Descrierea programului făcut mai sus corespunde normelor de circulație internațională ISO, folosite în țara noastră, care sînt întîlnite la majoritatea mașinilor actuale. La mașinile mai vechi, din care unele mai sînt în funcțiune, există și alte moduri de întocmire a programelor, de obicei mai puțin bogate în informații.

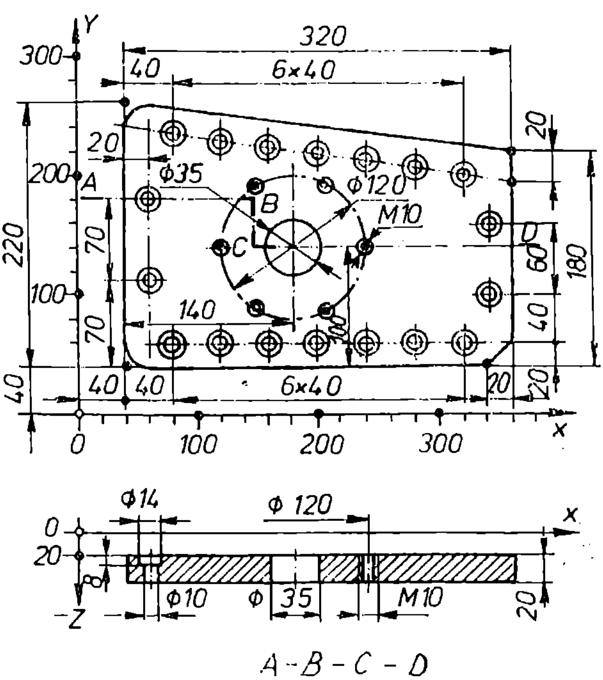


Fig. 5.46. Desenul piesei prelucrate.

Programele pentru mașini-unelte cu comandă numerică pot fi realizate în două moduri distincte :

— *programare manuală*, în care toate operațiile începînd cu stabilirea regimurilor de așchiere, a traiectoriilor diferitelor scule, succesiunea fazelor și trecerilor pînă la perforarea benzii sînt efectuate de către unul sau mai mulți operatori umani ;

— *programare asistată de calculator sau automată*, în care una sau mai multe operații sînt efectuate de către un calculator electronic.

Pentru realizarea programării asistate este necesară furnizarea unor date către calculator, pentru ca acesta să poată întocmi programul. Aceste informații se referă la echipamentul tehnologic (mașină-unealtă, scule, dispozitive), forma și dimensiunile piesei și prelucrările dorite. Informațiile sînt codificate într-un limbaj special numit *limbaj calculator*.

Pentru a putea înțelege acest limaj (există o mare varietate de astfel de limbaje, întocmite de diverși constructori de echipament de comandă numerică și de calculatoare) el trebuie să păstreze în memoria sa un așa-numit *procesor*, care este de fapt un dicționar între limbajul calculator și limbajul intern, pe care calculatorul îl folosește. La ieșire, el trebuie să posede un dicționar similar, numit *post procesor*, care să permită scrierea programului în *limbajul mașină* care este utilizat de sistemul de comandă al mașinii și care a fost prezentat anterior.

Schema prelucrării informațiilor la programarea asistată de calculator este prezentată în figura 5.47.

În unele cazuri, calculatorul poate comanda direct mașina cu comandă numerică, fără intermediul benzii perforate. Sistemul poartă numele de *comandă numerică (DNC)*.

Dacă sistemul de comandă al mașinii are un calculator propriu, specializat pentru comanda numerică, sistemul se numește *comandă numerică cu calculatorul (CNC)*.

d. **Circuitul de reacție.** În cazul sistemelor de automatizare cu circuit închis, sistemul de comandă primește informațiile necesare funcționării nu numai de la program, ci și pe calea circuitului închis sau de reacție, informații privind modul de execuție a comenzilor emise.

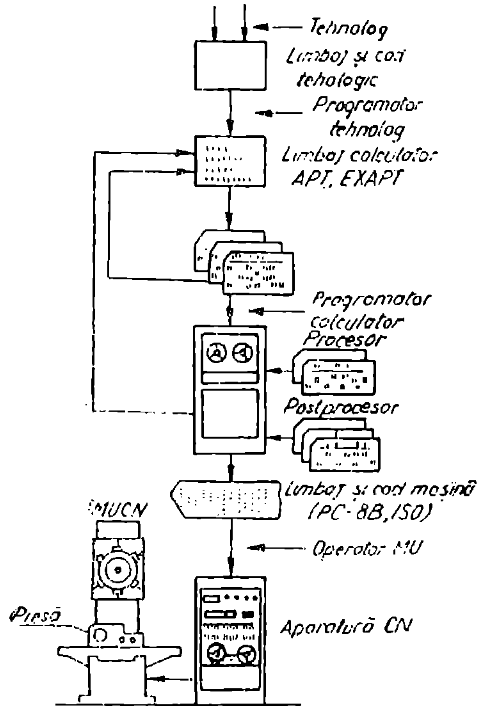


Fig. 5.47. Succesiunea fazelor la programarea asistată.

După cum s-a arătat mai înainte, informațiile din circuitul de reacție pot proveni de la elementul de execuție, de la elementul comandat sau chiar de la procesul de prelucrare (sculă sau piesă). Aceste informații se obțin cu ajutorul unor elemente numite *traductoare*, care transformă mărimea sesizată într-o mărime fizică, corespunzătoare modului de prelucrare a informațiilor în sistemul de comandă : mecanic, pneumatic, electric. După natura mărimii sesizate acestea pot fi traductoare de deplasare, de viteză, de forță, de temperatură etc.

Cel mai frecvent, prin circuitul de reacție al mașinilor-unelte automatizate se transmit infoormații privind diferitele mișcări executate de elementele comandate, în cadrul ciclului de prelucrare.

În cazul cînd programul se realizează cu ajutorul opritorilor sau camelor de impuls, informația privind executarea comenzii este dată chiar de sistemul de citire al programului în momentul în care opritorul sau cama de impuls ajunge în dreptul cititorului, care, în acest caz, joacă rolul de traductor. Acest sistem nu permite deci decît confirmarea atingerii cotei dorite.

1) *Traductoare de deplasare.* În cazul mașinilor-unelte cu comandă numerică se folosesc traductoare de deplasare perfecționate, care permit determinarea poziției în orice moment al deplasării și nu necesită să fie reprogramate pentru fiecare modificare a ciclului.

Traductoarele de deplasare se pot clasifica, după felul deplasării, în *liniare* și *rotative*, după cum ele măsoară deplasări liniare sau circulare.

În funcție de modul de măsurare, se pot deosebi traductoare *absolute*, care măsoară poziția elementului mobil față de un reper fix la un moment dat și traductoare *incrementale*, care măsoară doar mărimea deplasării elementului mobil. Poziția elementului mobil rezultă din însumarea deplasărilor efectuate de la începutul ciclului. Această însumare se face în cadrul sistemului de comandă.

După principiul de funcționare, traductoarele pot fi optice, inductive etc.

Un *traductor optic incremental* se compune dintr-o riglă, pe care se succed intervale egale, transparente sau opace (lungimea intervalului 1—10 μm), care se găsește plasată între o sursă de lumină și o celulă fotoelectrică (fig. 5.48, *a*). Rigla este mobilă față de sistemul sursă-celulă. La deplasarea riglei, în momentul cînd în dreptul sursei de lumină se găsește un interval transparent, la bornele celulei apare o tensiune, iar cînd în dreptul sursei este un interval opac, tensiunea devine 0. La bornele celulei apar deci o serie de impulsuri al căror număr este proporțional cu mărimea deplasării.

Un *traductor optic absolut* se compune dintr-un număr de rigle, paralele fiecare cu celula sa fotoelectrică. Mărimea intervalului fiecărei rigle este de două ori mai mare decît la rigla precedentă (fig. 5.48, *b*). Se observă că, pentru fiecare interval al riglei, se obține o repartiție diferită a tensiunilor la celulele fotoelectrice, care reprezintă codificat valoarea distanței elementului mobil față de un punct de referință.

Traductoarele optice atît cele incrementale cît și cele absolute se pot realiza și în versiune circulară (fig. 5.49).

În afara traductoarelor optice se mai folosesc și traductoarele inductive de diferite construcții. Dintre acestea cel mai răspîndit este traductorul numit *inductosin* (fig. 5.50). El este de fapt un transformator, ale cărui bobine sînt realizate sub forma unor circuite imprimate, plane, așezate paralel și care se pot deplasa una față de cealaltă. Primarul (inductorul) este mai lung (se execută în lungimi de 200 sau 500 mm; pentru lungimi mai mari se pun cap la cap mai multe rigle) și este alimentat de un curent cu o frecvență de circa 20 kHz. Secundarul (indusul) este mai scurt, dar spirele sale au același pas cu al inductorului (de obicei 4 mm). Valoarea maximă a curentului indus în secundar este funcție de decalajul între spirele celor două bobine. În funcție de valoarea maximă a curentului indus se poate determina, printr-un sistem electronic, poziția relativă a celor două bobinaje, cu o precizie de circa 1 μm. Pentru a determina numărul de pași parcurși se folosește un sistem de numărare ale maximelor curentului indus. În consecință, o deplasare măsurată cu ajutorul inductosinului se compune din suma a două părți: o parte grosolană, constituită dintr-un număr întreg de pași, și o parte fină, egală cu decalajul dintre cele două bobinaje δ. Inductosinul se execută și în versiunea circulară. Cu ajutorul traductorului de deplasare se pot măsura și vitezele de deplasare liniară sau de rotație, prin realizarea în

sistemul de comandă a operației de derivare în raport cu timpul deplasării măsurate.

Traductoarele de deplasare prezentate acoperă circa 90% din traductoarele folosite la mașini cu comandă numerică.

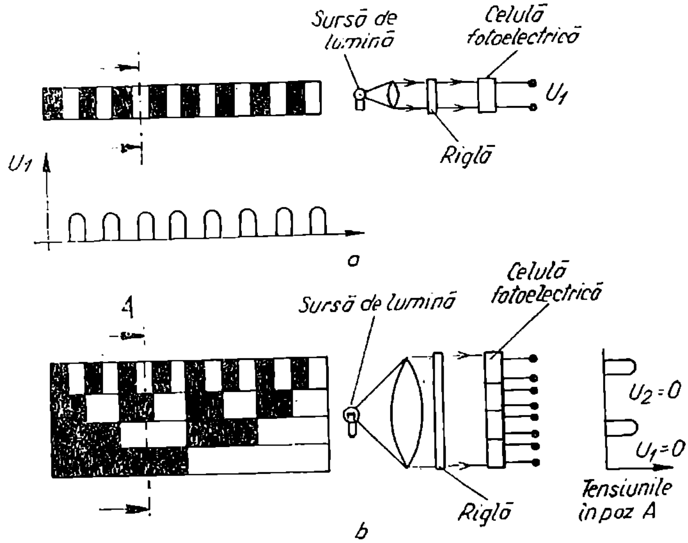


Fig. 5.48. Traductoare optice liniare:
a — incremental; *b* — absolut.

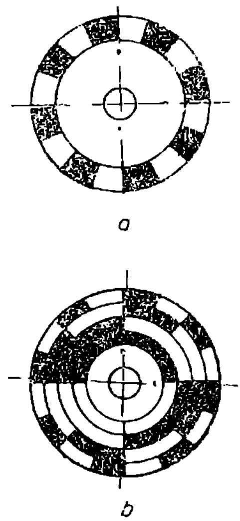


Fig. 5.49. Traductoare optice rotative.

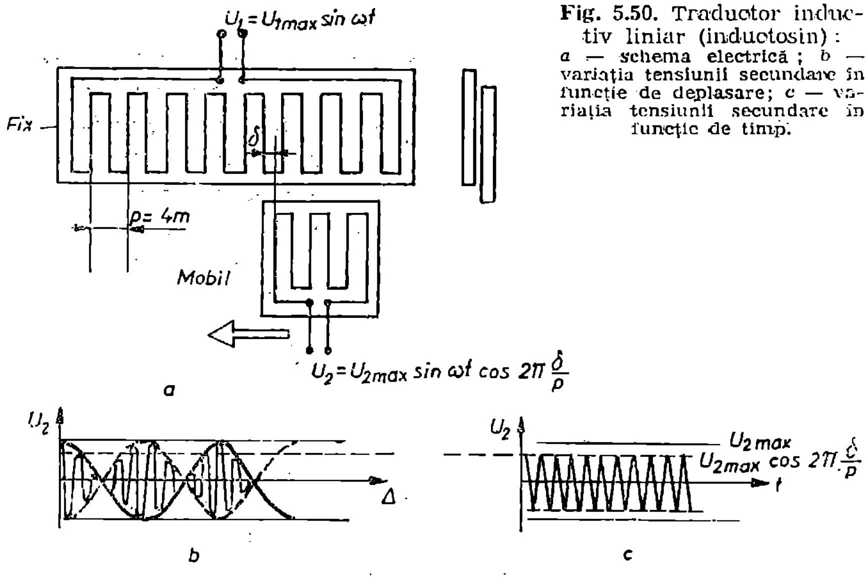


Fig. 5.50. Traductor inductiv liniar (inductosin):
a — schema electrică; *b* — variația tensiunii secundare în funcție de deplasare; *c* — variația tensiunii secundare în funcție de timp.

2) *Traductoare de control*. Spre deosebire de traductoarele de deplasare, care măsoară deplasarea elementelor mobile ale mașinii-unelte, traductoarele de control măsoară direct dimensiunile piesei în timpul sau imediat după terminarea prelucrării.

Măsurarea dimensiunilor se poate face prin numeroase metode. Dintre acestea vor fi prezentate traductoarele electrice cu contacte și cele pneumatice.

Un traductor electric cu contacte (fig. 5.51) se compune dintr-o tijă de măsurare, care atinge piesa cu un capăt și are la celălalt două contacte.

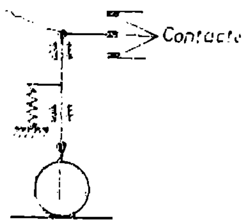


Fig. 5.51. Traductor de control cu contacte.

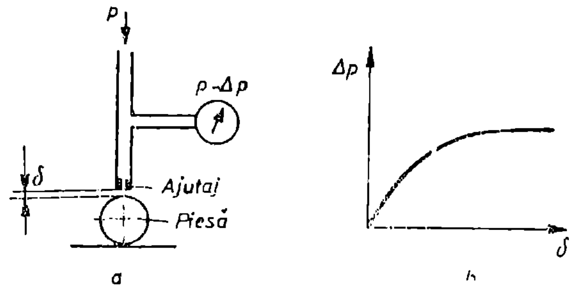


Fig. 5.52. Traductor de control pneumatic: a — schema de principiu; b — variația presiunii în funcție de interstițiu.

În funcție de dimensiunile piesei, contactele pot fi deschise (piesa se încadrează în limita de toleranță) sau unul din ele închis (ceea ce înseamnă că dimensiunea a ieșit din cîmpul de toleranță). Cursa tijei între pozițiile de închidere a celor două contacte este egală cu toleranța dimensiunii măsurate. Prin închiderea contactelor se emit semnale, care, prin intermediul sistemului de comandă, duc la oprirea mișcării de avans.

Traductorul de control pneumatic este un aparat de măsurat fără contact mecanic cu piesa. Măsurarea se face pe baza rezistenței, opuse la ieșirea aerului comprimat printr-un ajutaj, care este în funcție de mărimea interstițiului dintre ajutaj și piesă (fig. 5.52). Rezistența opusă duce la apariția unei diferențe de presiune care poate fi măsurată mecanic sau electric generîndu-se astfel un semnal către sistemul de comandă.

În circuitele de reacție, în afara traductoarelor de control și de deplasare se mai pot folosi traductoare care să măsoare forțe, momente, temperaturi, amplitudini și frecvențe de vibrație. În cazul cînd mărimile măsurate cu ajutorul acestor traductoare servesc la reglarea parametrilor regimului de așchiere, sistemul devine un sistem cu reglare sau comandă adaptivă.

e. **Sistemul de comandă.** Rolul sistemului de comandă este de a recepționa, prelucra și transmite mai departe informația din sistemul de automatizare.

Sistemul de comandă primește informații prin intermediul programului, a circuitului de reacție precum și printr-o serie de organe de reglare, care determină funcționarea sistemului de comandă. Informațiile din program și cele introduse prin organele de reglare (comutatoare, întrerupătoare) sînt recepționate înainte de desfășurarea ciclului, în timp ce informațiile primite prin intermediul circuitului de reacție provin din timpul desfășurării ciclului.

Informațiile primite din afară împreună cu o serie de informații generate în cadrul sistemului (de exemplu intervale de timp, ritmul desfășurării, un ciclu etc.) sînt prelucrate de sistemul de comandă. Prelucrarea informației poate consta în operații aritmetice, comparări, integrări, derivări, amplificări, memorizări. Aceste operații se realizează cu ajutorul unor dispozitive mecanice, hidraulice, pneumatice, electrice sau electronice.

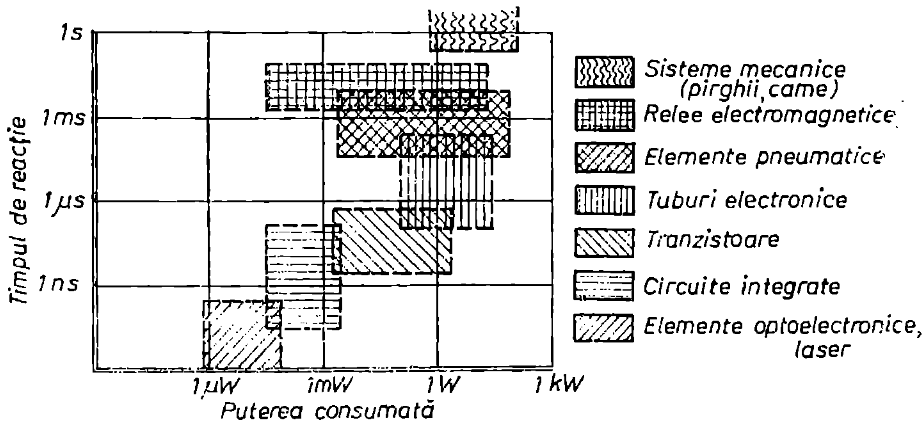


Fig. 5.53. Performanțele elementelor de comandă.

Principalele caracteristici ale elementelor folosite în sistemele de comandă sînt : timpul de reacție și puterea consumată. Aceste caracteristici, pentru unele din cele mai răspîndite elemente, sînt prezentate în figura 5.53. În cazul sistemelor de comandă formate din mai multe elemente, puterea totală este suma puterilor elementelor, iar timpul de reacție crește și el în raport de numărul componentelor.

Rezultă că sistemele de comandă complexe, care prelucrează cantități mari de informație, trebuie realizate din componente cu timpi de reacție și puteri mici, astfel întregul sistem va reacționa lent și va consuma puteri mari (este vorba de puterea consumată numai în sistemul de comandă, care nu intervine direct în procesul de prelucrare).

Acesta este motivul pentru care sistemele de comandă complexe (de exemplu, sistemele de comandă numerică) au în componența lor, în special, elemente electronice ca semiconductoare, circuite integrate etc.

O altă problemă a sistemelor de comandă este problema amplificării semnalului de comandă. După cum s-a arătat, mai sus, se urmărește ca puterea elementelor de comandă să fie cît mai mică, concomitent cu creșterea puterii elementelor de execuție. Semnalele pe care le emite sistemul de comandă ajung astfel la puteri considerabile. Realizarea acestei creșteri de putere poartă numele de *amplificare* și se realizează cu ajutorul unor dispozitive numite *amplificatoare*. Aceste amplificatoare pot fi electrice, hidraulice, pneumatice etc.

Pentru un amplificator se definește *raportul de amplificare*, ca fiind raportul dintre puterea semnalului de ieșire și puterea semnalului de intrare.

Ca exemple, se pot cita unele amplificatoare uzuale la care semnalul de intrare este electric, iar semnalul de ieșire electric, hidraulic, respectiv mecanic : releu sertăraș-distribuitor, ambreiaj electromagnetic. Raportul de amplificare la aceste dispozitive este de ordinul sutelor. Folosindu-se dispozitive electronice și construcții speciale se pot realiza rapoarte de amplificare de zeci și chiar sute de mii.

f. **Elemente de execuție.** Elementul de execuție furnizează elementului comandat al mașinii-unelte lucrul mecanic, necesar executării mișcării indicate în program. În consecință, elementul de execuție în sistemele de

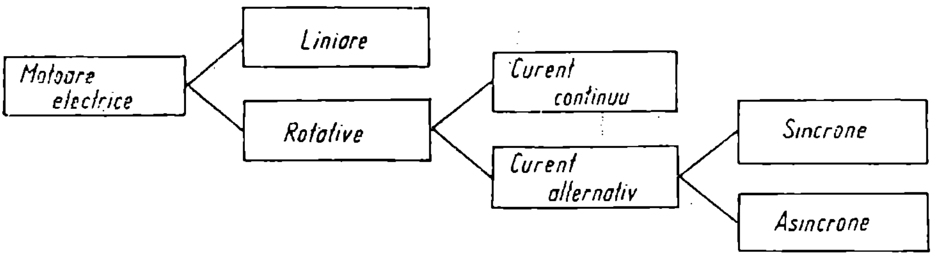


Fig. 5.54. Clasificarea motoarelor electrice.

automatizare ale mașinilor-unelte este un motor (adică un sistem care transformă în energie mecanică un alt fel de energie). Elementele de execuție se pot clasifica, după felul mișcării realizate, în : liniare sau rotative. Caracteristicile cinematice ale mișcării (viteză, amplitudine) pot fi constante sau variabile.

Sursa de energie folosită de elementul de execuție poate fi : electrică, pneumatică, hidraulică sau mecanică.

Elementele de execuție electrice utilizate sînt motoare electrice sau electromagneți. Motoarele electrice se realizează într-o mare varietate de tipuri constructive. În figura 5.54 se prezintă o clasificare a acestor motoare. Fiecare tip de motor are un domeniu de utilizare bine stabilit, în funcție de caracteristicile sale tehnico-economice. Astfel, de exemplu, realizarea unei mișcări cu o turație relativ constantă implică folosirea unui motor asincron care este cel mai simplu și ieftin motor electric. În cazul cînd turația trebuie să fie riguros constantă se folosește un motor sincron. Pentru o reglare continuă și ușoară a turației se folosesc motoare de curent continuu. Motoarele din sistemele de comandă care au un regim de funcționare caracterizat prin repetate porniri, opriri, schimbări de sens și de viteză se numesc *servomotoare*.

Elementele de execuție hidraulice și pneumatice se construiesc sub formă de motoare liniare (cilindri hidraulici sau pneumatici) sau rotative. Ca motoare mecanice se folosesc motoare cu arc sau cu greutăți, utilizate rar, mai ales în scopuri auxiliare.

Exemple de sisteme de automatizare. Pentru ilustrarea diferitelor tipuri de automatizare în continuare se vor prezenta trei posibilități de realizare a ciclului de strunjire din figura 5.29, c.

Traiectoria sculei și desfășurarea în timp a mișcărilor pe cele două direcții (longitudinal Z și transversal X) și a turației axului principal sînt arătate în figura 5.55.

În figura 5.56 se prezintă un sistem de automatizare mecanic. Mișcările sînt comandate de came. Mișcarea transversală este realizată cu ajutorul camei disc CX, iar mișcarea longitudinală cu ajutorul camei cilindrice CZ. Pentru schimbarea turațiilor se utilizează came de impuls, montate pe tamburul T în poziții unghiulare,

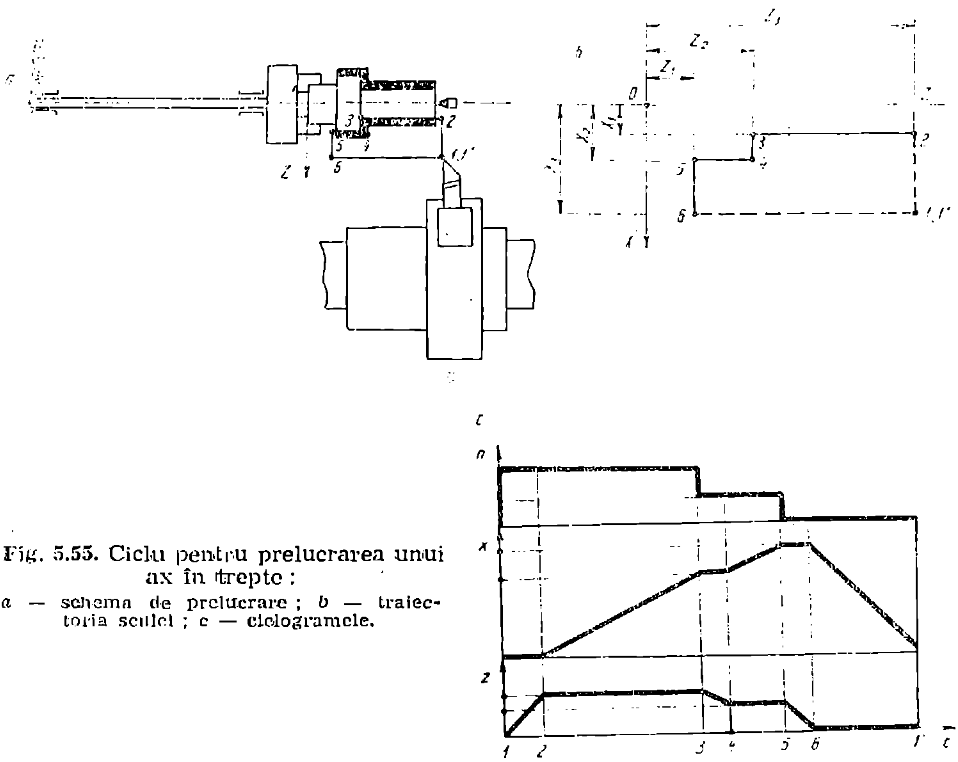
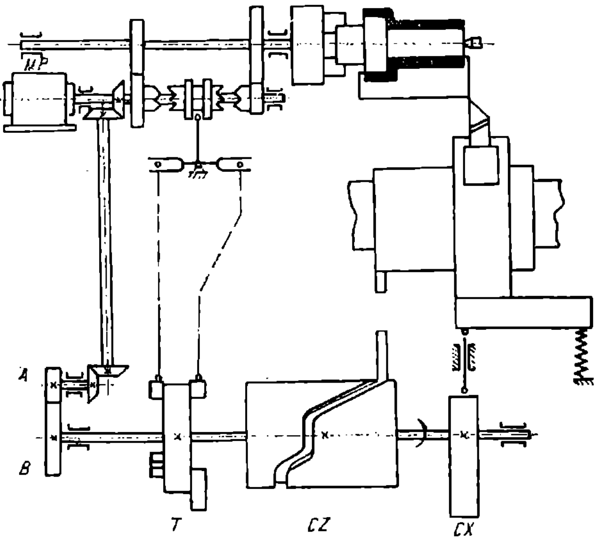


Fig. 5.55. Ciclu pentru prelucrarea unui ax în trepte:
a — schema de prelucrare; b — traiectoria sculei; c — ciclogramele.

corespunzătoare comenzilor respective. Mișcarea axului de comandă provine de la motorul principal MP, prin intermediul roților de schimb A și B, alese în așa fel, încît unei rotații a axului de comandă să-i corespundă un ciclu de prelucrare.

În figura 5.57 este reprezentat un sistem de automatizare electrohidraulic. Mișcările pe direcție longitudinală și transversală sînt realizate de două motoare hidraulice liniare MHZ și MHZ. Fiecare motor are două distribuitoare: DX1 și DX2, respectiv DZ1 și DZ2 care conectează mișcarea de lucru (prin intermediul droselelor RX și RZ, reglate în mod corespunzător înaintea începerii prelucrării) sau mișcarea rapidă, respectiv stabilesc sensul mișcărilor. Distribuitoarele sînt comandate de electromagneții E3—E8. Schimbarea turațiilor se face cu ajutorul cuplajelor electromagnetice E1 și E2. Pe cele două sănii se găsește cîte o camă de impuls CX și CZ, care acționează asupra întrerupătoarelor electrice L1—L6, așezate în poziții corespunzătoare punctelor caracteristice ale ciclului. Comenzile care trebuie date în fiecare punct al ciclului sînt stabilite pe panoul cu fișe. Diferitelor comenzi le corespund diferite stări ale celor opt electromagneți.

În cazul comenzii numerice (fig. 5.58, a) mișcările sînt comandate de servomotoarele MAX și MAZ, iar deplasările sînt măsurate de traductoarele TX și TZ. Mișcarea principală este realizată de motorul cu turație variabilă MP, iar turația este măsurată de traductorul TN. Comanda mașinii se face de către sistemul de



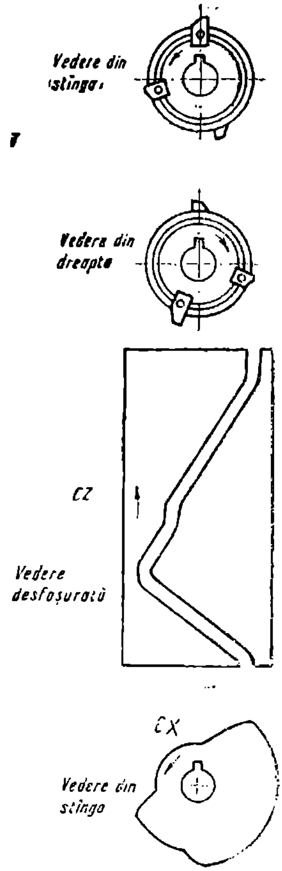
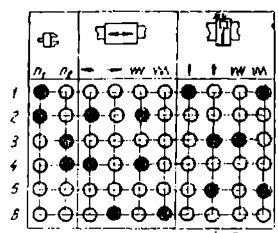


Fig. 5.56. Realizarea ciclului din figura 5.55 prin automatizare mecanică.



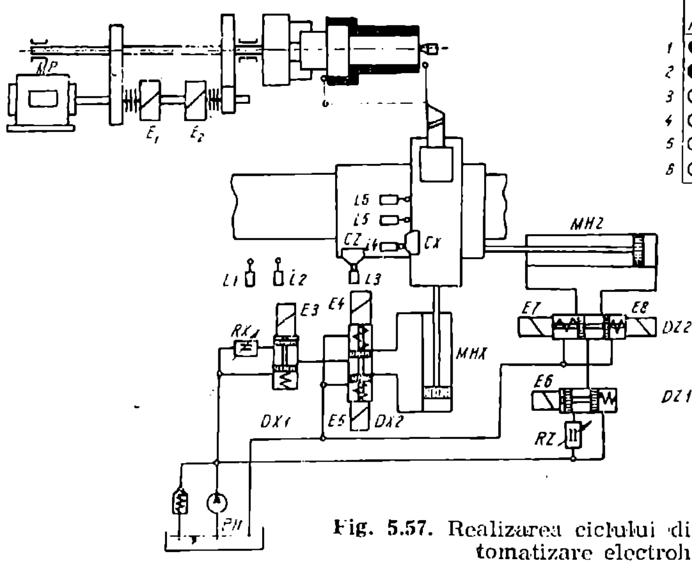
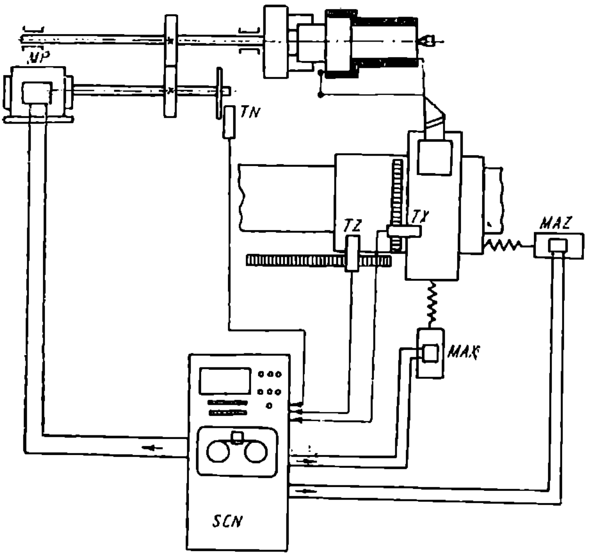


Fig. 5.57. Realizarea ciclului din figura 5.55 prin automatizare electrohidraulică.

comandă numerică *SCN*, în conformitate cu informaţiile de pe banda perforată pe care este înscris programul (tabloul program-piesă simplificat este reprezentat în figura 5,58 *b*).

Pentru programarea maşinilor prezentate mai înainte, sînt necesare următoarele operaţii :

— pentru automatizarea mecanică este necesară proiectarea şi execuţia camelor *CX* şi *CZ*, reglarea poziţiei camelor de impuls pe tamburul *T* şi montarea roţilor de schimb *A* şi *B* ;



N	G	X, Z	F	S	M
1	90	X_1	99	02	03
2	–	Z_2	01	02	–
3	–	X_2	01	01	–
4	–	Z_1	01	01	–
5	–	X_3	99	–	05
6	–	Z_1	99	–	02

Fig. 5.58. Realizarea ciclului din figura 5.55 prin comandă numerică.

— pentru automatizarea electrohidraulică este necesară reglarea droselelor *RX* şi *RZ*, montarea întrerupătoarelor *L1*—*L6* în poziţiile corespunzătoare şi introducerea fişelor în panou, conform programului ;

— pentru comanda numerică este necesară doar perforarea pe bandă a programului din tabel şi introducerea benzii în sistemul de comandă.

5.3. MAŞINI-UNELTE DE MARE PRODUCTIVITATE

5.3.1. Generalităţi

Necesitatea realizării unei productivităţi ridicate a făcut ca unele din măsurile de creştere a productivităţii muncii, prezentate mai înainte, să se materializeze în forma unor tipuri de maşini-unelte care ocupă în prezent o pondere mare în totalul parcului de maşini-unelte în industria constructoare de maşini.

În unele cazuri, aceste maşini de mare productivitate rezultă din modernizarea unor maşini existente, prin adaptarea lor la condiţiile de producţie (specializare, automatizare etc.). În alte cazuri, aceste maşini sînt construite ca atare, dar sînt deservite în mare parte manual. Mărirea productivităţii muncii rezultă fie din natura operaţiei (de exemplu,

mașinile de broșat), fie prin posibilitățile de echipare a mașinii (de exemplu, strungurile revolver, mașinile de găurit multiax). Aceste tipuri de mașini au fost descrise în capitolele precedente.

Majoritatea mașinilor de mare productivitate sînt caracterizate, însă, printr-un înalt grad de automatizare. Ele sînt proiectate și construite pentru a răspunde unor cerințe bine determinate ale producției, privind numărul, varietatea, calitatea și complexitatea pieselor prelucrate.

Dintre categoriile de mașini de mare productivitate vor fi prezentate în continuare cîteva, mai importante : strungurile semiautomate și automate, mașinile speciale și mașinile agregat, mașinile-unelte cu comandă numerică, linii automate și sistemele de mașini.

5.3.2. Strunguri automatizate

a. **Clasificare.** Strungurile automatizate reprezintă una din cele mai numeroase categorii de mașini automate. Caracteristic pentru aceste mașini este faptul că în rîndul lor se întîlnesc practic toate sistemele de automatizare, utilizate la mașinile-unelte, de la acționări cu came, la comanda adaptivă. În prezentul subcapitol vor fi prezentate principalele strunguri cu automatizare convențională.

După sistemele de automatizare utilizate se deosebesc : strunguri cu automatizare mecanică (came) și strunguri cu automatizare secvențială electrohidraulică sau electromecanică. În mod curent, strungurile automatizate se împart în automate și semiautomate. Prima categorie se deosebește de cea de a doua prin faptul că alimentarea cu piese se face automat. De asemenea, strungurile automate se împart, după numărul axelor principale (deci după numărul pieselor ce se prelucrează simultan), în monoaxe și multiaxe.

De obicei, strungurile automatizate au un grad de universalitate mai scăzut decît strungurile normale ; ele sînt *specializate* pe grupuri de piese. Astfel, există strunguri pentru prelucrarea din bară, la care semifabricatele sînt obținute din bare laminate sau trase. Aceste strunguri au de cele mai multe ori mecanisme de alimentare automată. O altă categorie de strunguri prelucrează piese cu fixare în universal sau în mandrină (raportul lungime/diametru la aceste piese nu depășește 1,5—2). În sfîrșit, există strunguri care prelucrează piese cu raportul între lungime și diametru mare, care necesită prinderea între vîrfuri. În general, strungurile din aceste trei categorii au construcții destul de deosebite unele de altele.

O caracteristică constructivă aproape generală a strungurilor automatizate este conformația diferită a batiului față de cea cunoscută la strungul normal și la cel revolver, unde forma batiului era dictată în special de considerente de manevrabilitate, din punctul de vedere al muncitorului. La strungurile automatizate, cu excepția celor care provin din modernizarea unor strunguri normale sau revolver, aceste considerente dispar.

Batiul este realizat în așa fel încît să se asigure, în special, o bună îndepărtare a așchiilor, mai ales dacă se ține seama de productivitatea mult crescută a acestor strunguri față de cele deservite manual. Astfel, în locul batiului orizontal, strungurile automate se realizează cu batiu

înclinat, vertical sau cu amplasarea săniilor portcuțit direct pe păpușa fixă (fig. 5.59).

De asemenea, aproape fără excepție, strungurile automatizate sînt caracterizate printr-un înalt grad de concentrare tehnologică a operațiilor. Aceasta înseamnă că se prelucrează dintr-o prindere un număr mare de suprafețe, ceea ce necesită folosirea unui număr sporit de scule, succesiv sau simultan.

b. **Strunguri cu automatizare mecanică.** Aceste strunguri au reprezentat, din punct de vedere istoric, primele tipuri automatizate. Inițial, acest tip de strunguri a acoperit un larg domeniu de dimensiuni. Astăzi folosirea strungurilor automatizate mecanic se restrînge spre domeniul pieselor de dimensiuni reduse (diametrul maxim de prelucrare din bară 65—100 mm, iar în universal 160—850 mm). La dimensiunile mai mari, sistemele de automatizare secvențiale s-au dovedit mai avantajoase. Strungurile cu automatizare mecanică pot fi monoaxe sau multiaxe. Din punct de vedere constructiv, în cadrul strungurilor monoaxe se deosebesc trei tipuri mai răspîndite : strunguri de retezat și profilat, strunguri de strunjit longitudinal și strungul revolver.

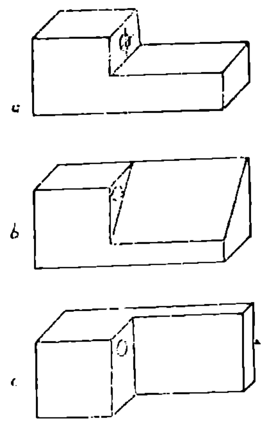


Fig. 5.59. Forme de batiuri de strunguri : *a* — orizontal ; *b* — înclinat ; *c* — vertical.

Strungurile de profilat și retezat prelucrează numai piese din bare rotunde și profilate (pătrat, hexagon) sau țevi. Săniile, în număr de două, mai rar trei, nu au decît mișcare radială, în așa fel încît ele nu pot realiza decît operații de strunjire transversală (canelare, strunjire cu cuțit profilat, retezat etc.), obținîndu-se piese relativ simple (fig. 5.60). Pentru lărgirea posibilităților tehnologice, strungurile de profilat și retezat sînt dotate cu un ax suplimentar (coaxial cu arborele principal), care realizează operații de găurire sau filetare la unul din capetele piesei.

Un tip special al strungurilor de profilat și retezat este strungul care prelucrează material din colaci. În acest caz, atît mișcarea principală, cît și cea de avans sînt realizate de scule montate pe un cap rotativ special, în timp ce semifabricatul rămîne nemișcat.

Schemele de principiu ale strungurilor de profilat și retezat sînt reprezentate în figura 5.61. Succesiunea fazelor de prelucrare pentru realizarea unui șurub și a unui nit pe un strung de profilat și retezat pentru prelucrat din bară, respectiv din sîrmă în colaci este reprezentată în figura 5.62.

Strungurile de strunjit longitudinal sînt folosite la prelucrarea pieselor de dimensiuni mici, cu diametre de 10—12 mm și lungimi pînă la 200 mm (fig. 5.63). Prin particularitățile lor constructive, aceste mașini permit prelucrarea pieselor cu o precizie ridicată, fără să fie necesară sprijinirea capătului piesei în păpușa mobilă.

Din schema de principiu, prezentată în figura 5.64, rezultă că strungul de strunjit longitudinal se caracterizează în principal prin faptul că, în afară de mișcarea principală, piesa execută și mișcarea de avans longitudinal. Săniile transversale, în număr de 3—5 (fig. 5.65), se găsesc pe o

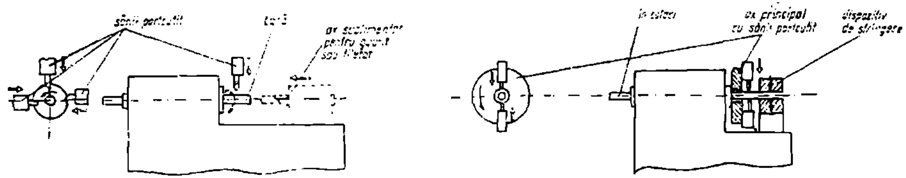


Fig. 5.61. Scheme de principiu ale strungurilor automate de profilat și retezat :
a — strung pentru prelucrat piese din bară ; *b* — strung pentru prelucrat piese din colaci.

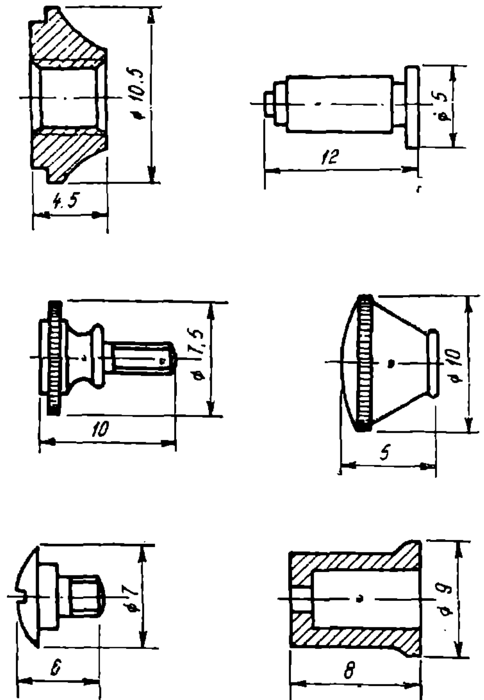
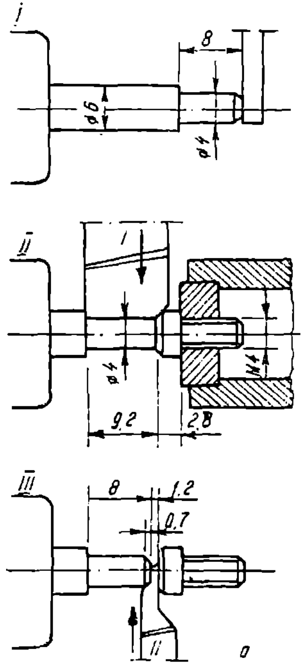


Fig. 5.60. Exemple de piese ce pot fi prelucrate pe strunguri automate de profilat și retezat.



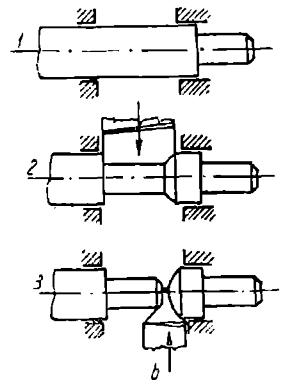


Fig. 5.62. Succesiunea fazelor la prelucrarea unor piese pe strunguri de profilat și retezat.

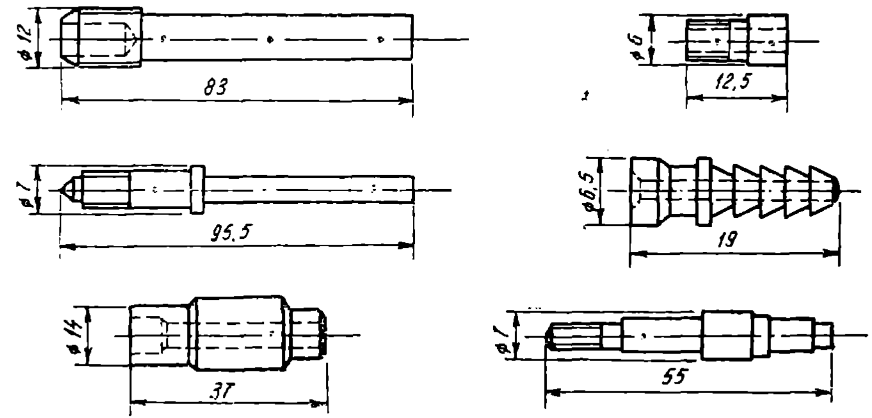


Fig. 5.63. Piese ce pot fi prelucrate pe strunguri automate de strunjit longitudinal.

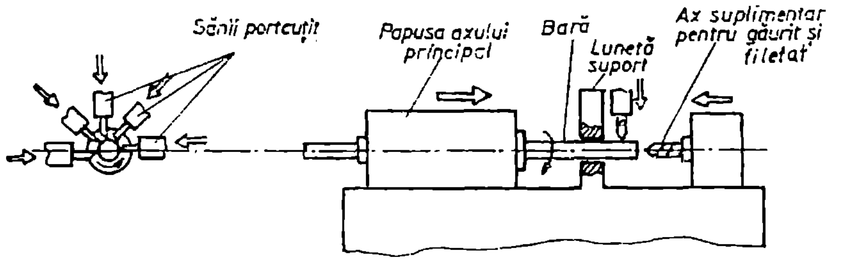


Fig. 5.64. Schema de principiu a strungului automat de strunjit longitudinal.

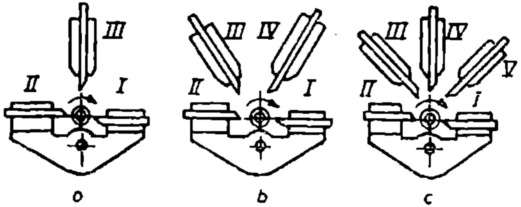


Fig. 5.65. Amplasarea săniilor transversale (*I—V*) la strungurile automate de strunjit longitudinal.

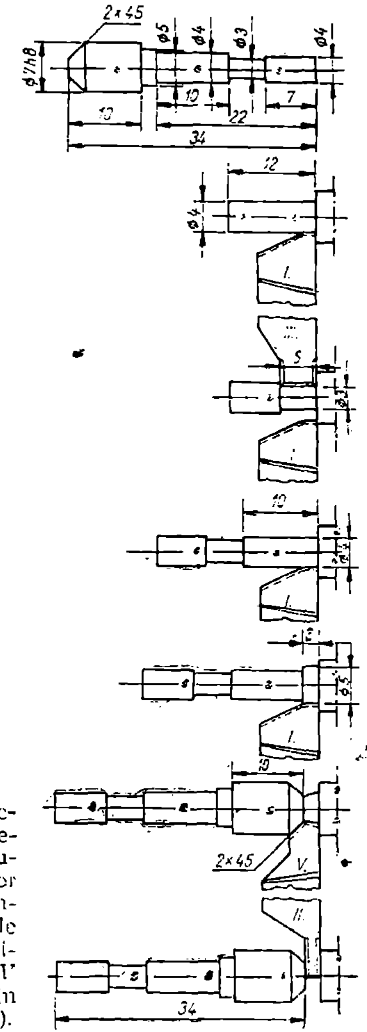


Fig. 5.66. Succesiunea fazelor la prelucrarea unor piese pe strungul automat de strunjit longitudinal (*I—V* — săniile din fig. 5.65).

lunetă suport, care sprijină semifabricatul în timpul prelucrării, asigurînd o rigiditate mare, independent de lungimea piesei. În timpul prelucrării, păpușa arborelui principal se îndepărtează de luneta suport, prelucrarea executîndu-se treptat de la capătul dinspre arborele principal spre capătul liber. Deși săniile au numai mișcare transversală, prin com-

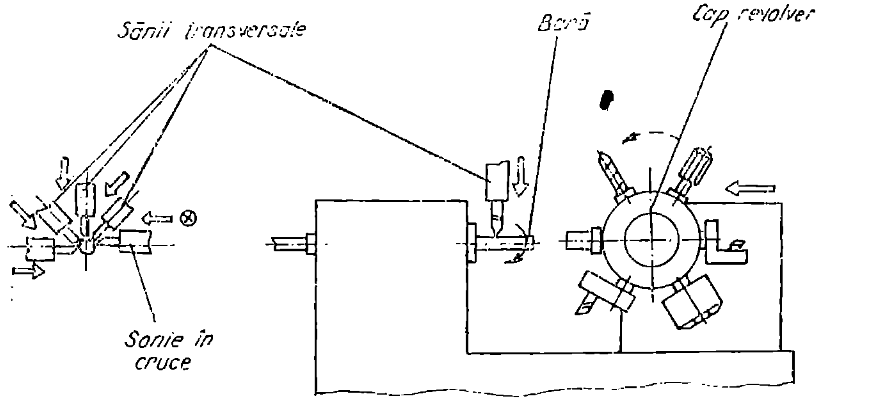


Fig. 5.67. Schema de principiu a unui strung revolver automat de prelucrat piese din bară.

punerea mișcării lor cu mișcare de avans longitudinal se obțin suprafețe conice sau profilate. Pentru prelucrarea suprafețelor frontale, strungurile de strunjit longitudinale sînt dotate cu o păpușă, care poate avea 2—3 axe portsculă, fixe sau rotative, pentru scule de găurit și filetat. Succesiunea fazelor de prelucrare ale unui arbore în trepte, pe un strung de strunjit longitudinal poate fi urmărită în figura 5.66.

Strungurile cu cap revolver reprezintă cel mai răspîndit tip de strunguri automate cu came. Din schema de principiu reprezentată în figura 5.67 se poate observa că aceste strunguri automate, care pot prelucra atît piese de bară cît și din semifabricate individuale, sînt dotate cu 2—4 sănii transversale (fig. 5.68), 0—2 sănii în cruce (cu posibilitate de avans atît longitudinal cît și transversal) și o sanie longitudinală, dotată cu un cap revolver cu 6—8 locașuri pentru scule. În cazul strungurilor ce prelucrează semifabricate individuale, pentru automatizarea completă este necesară dotarea strungului cu un dispozitiv special de alimentare care se montează în locul unei sănii portcuțit (fig. 5.69).

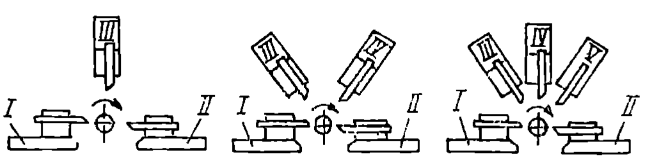


Fig. 5.68. Amplasarea săniilor transversale (I—II) la strungurile revolver automate.

Numărul mare de scule și varietatea lor permit prelucrarea pe aceste strunguri a unor piese mai complexe decît tipurile prezentate anterior (fig. 5.70). Dacă marea majoritate a strungurilor actuale prelucrează piese mici (cu diametre pînă la 62 mm din bară și pînă la 160 mm din semifabricate individuale) există și strunguri de acest tip pentru piese cu di-

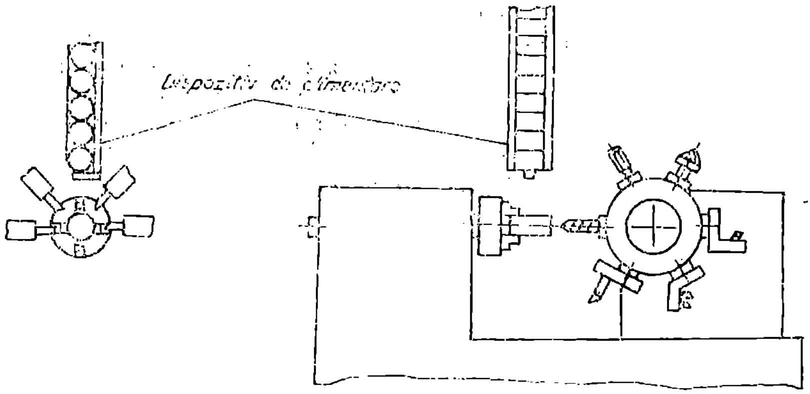


Fig. 5.69. Schema de principiu a unui strung revolver automat de prelucrat semifabricate individuale.

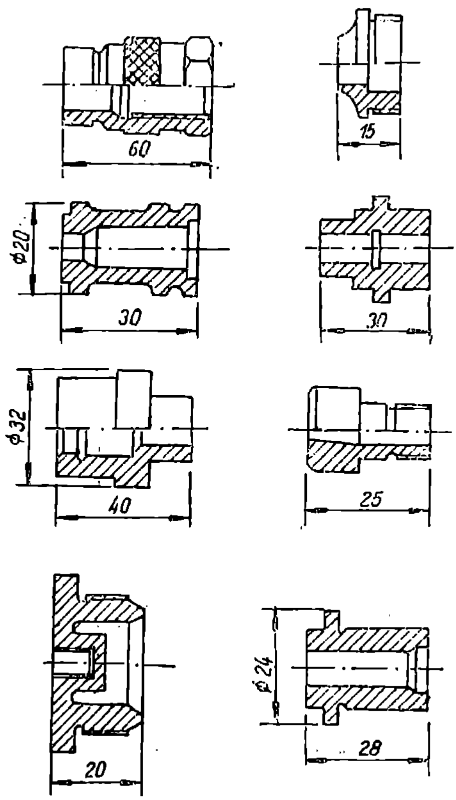


Fig. 5.70. Piese ce pot fi prelucrate pe strunguri revolver automate.

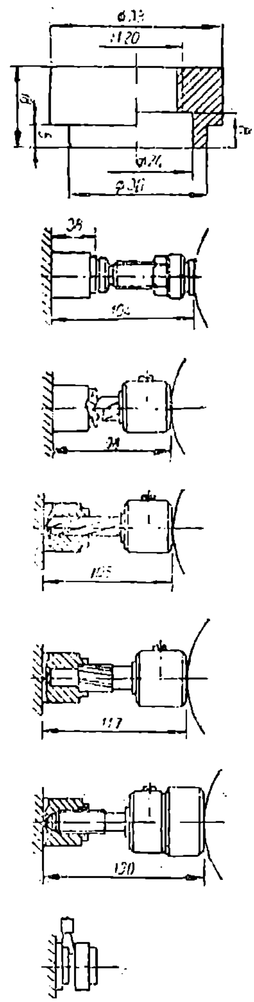


Fig. 5.71. Succesiunea fazelor de prelucrare a unei piese pe strungul revolver automat.

mensiuni mai mari. În țara noastră se fabrică strunguri automate cu cap revolver, cu capacități de prelucrare între 16 și 63 mm la Întreprinderea SARO din Tîrgoviște. Pentru mărirea posibilităților tehnologice strungurile pot fi dotate cu diferite dispozitive auxiliare pentru filetare rapidă cu cuțitul*, pentru frezarea longitudinală sau transversală, pentru găurire transversală etc. De asemenea, capul revolver poate fi dotat cu scule rotative : tarozi, filiere, burghie etc. (fig. 5.71).

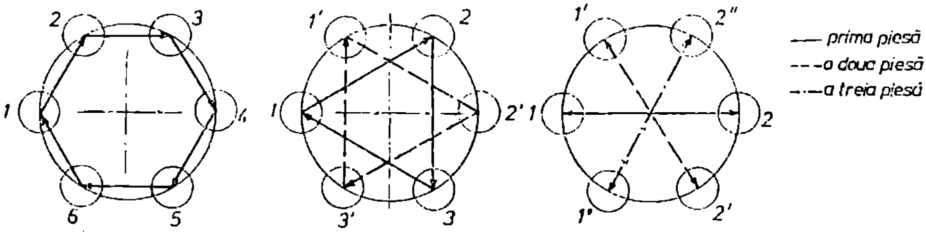


Fig. 5.72. Moduri de prelucrare a pieselor pe strungurile automate multiax : a — prelucrare succesivă ; b, c — prelucrare paralel-succesivă.

a) *Strungurile multiaxe cu automatizare mecanică* sînt strungurile cu cea mai mare productivitate posibilă. Ele au între 4 și 8 axe principale (în cazuri speciale pot avea chiar 12—16 axe). Mașina prelucrează cîte o piesă în fiecare arbore principal, dotat cu un dispozitiv de strîngere separat. Prelucrarea se poate face succesiv (în fiecare post se realizează prelucrări diferite), paralel (în toate posturile prelucrările sînt identice) sau paralel-succesiv. De obicei, strungurile cu prelucrarea succesivă permit și prelucrarea paralel-succesivă în mai multe moduri în funcție de numărul

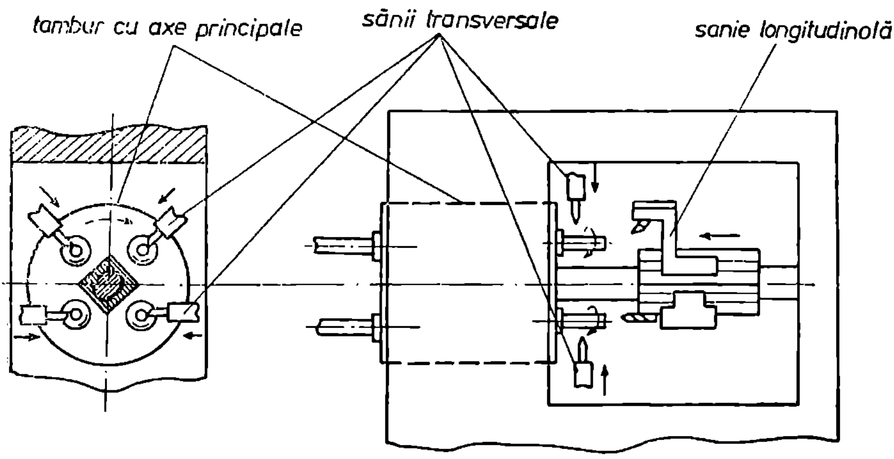


Fig. 5.73. Schema de principiu a unui strung automat multiax.

axelor. De exemplu, un strung cu șase axe poate prelucra piese succesive în șase posturi și paralel-succesiv cu 2×3, respectiv 3×2 posturi (fig. 5.72). Strungurile cu prelucrare în paralel sînt de construcție specială.

Schema de principiu a unui strung multiax cu prelucrare succesivă este reprezentată în figura 5.73. Arborii principali sînt amplasați într-un

* În mod normal, pe aceste tipuri de strunguri filetarea se poate face numai cu tarodul sau filiera, ele nedispunînd de lanț cinematic și filetare.

tambur, care se rotește cu o diviziune într-un ritm egal cu cea mai lungă dintre prelucrări. Sculele sînt situate pe un număr de sănii transversale (cîte 1—2 pentru fiecare post) și pe sania centrală longitudinală, care are cîte o portsculă pentru fiecare ax principal și a căror amplasare rezultă din figura 5.74.

La majoritatea strungurilor, toate sculele de pe sania longitudinală se mișcă solidar, dar există și strunguri la care aceste scule se pot mișca

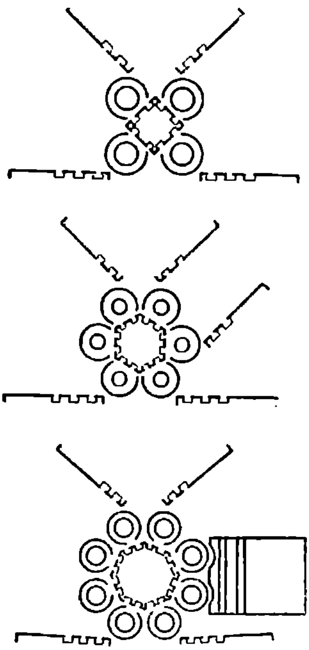


Fig. 5.74. Amplasarea săniilor transversale la strungurile automate multiax.

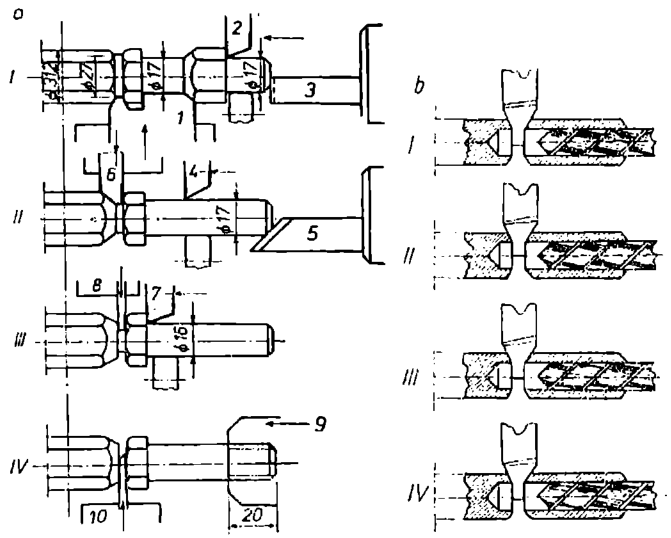


Fig. 5.75. Succesiunea fazelor de prelucrare ale unor piese cu strunguri automate multiax:
a — strung cu prelucrare succesivă; *b* — strung cu prelucrare paralelă; *I—IV* — operații; *1—9* — scule.

independent. Ca și strungurile cu care sînt comparabile din punctul de vedere al posibilităților tehnologice — strungurile monoax cu cap revolver — strungurile multiax pot fi dotate cu dispozitive speciale pentru frezare, găurire, filetare etc.

Succesiunea fazelor de prelucrare pe un strung multiax cu prelucrare succesivă comparată cu schema de prelucrare pe un strung multiax cu acțiune paralelă este reprezentată în figura 5.75. Se observă că creșterea productivității se obține la strungurile cu acțiune paralelă pe seama reducerii posibilităților tehnologice, piesele realizate fiind mult mai simple.

Toate strungurile automatizate mecanic au o serie de elemente constructive specifice, comune. Dintre acestea se poate menționa sistemul de comandă, reprezentat prin axul sau axele de comandă, pe care sînt montate camele corespunzătoare diferitelor mișcări și funcțiuni. În raport cu complexitatea mașinii numărul axelor de comandă poate varia între 1 și 5.

Pe axul sau pe axele de comandă se montează camele și camele de impuls necesare realizării ciclului. În principiu, camele de impuls trebuie reglate, iar camele confecționate special pentru fiecare piesă diferită. Pentru a reduce timpul de reglare la unele strunguri automate există un număr de came standard care pot fi adoptate pentru diferite cicluri prin

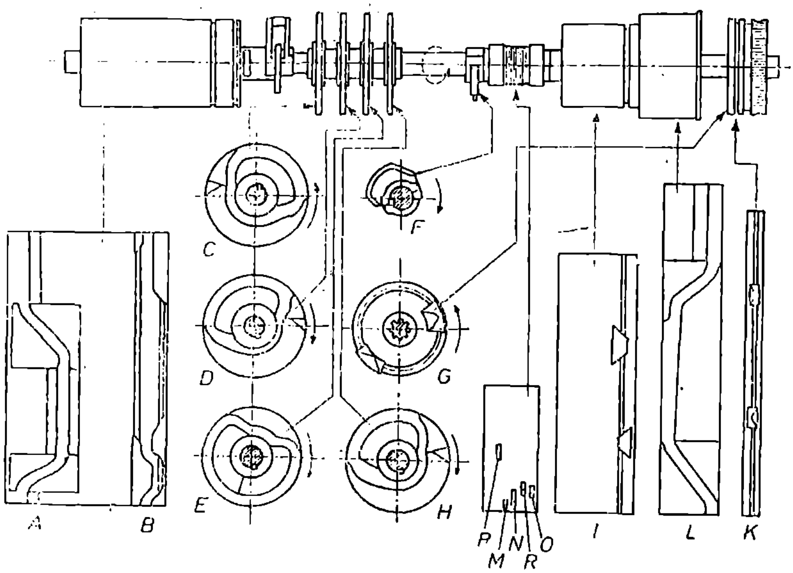


Fig. 5.76. Axul de comandă al unui strung automat multiax:
A, B — came pentru sistemul de avans și strîngere; C, D, E, H — came pentru săniile transversale; F — camă pentru rotirea tamburului; G — camă pentru comanda curselor rapide; L — camă pentru sania longitudinală; I — camă pentru dispozitivele speciale; K—M—R — came de impuls.

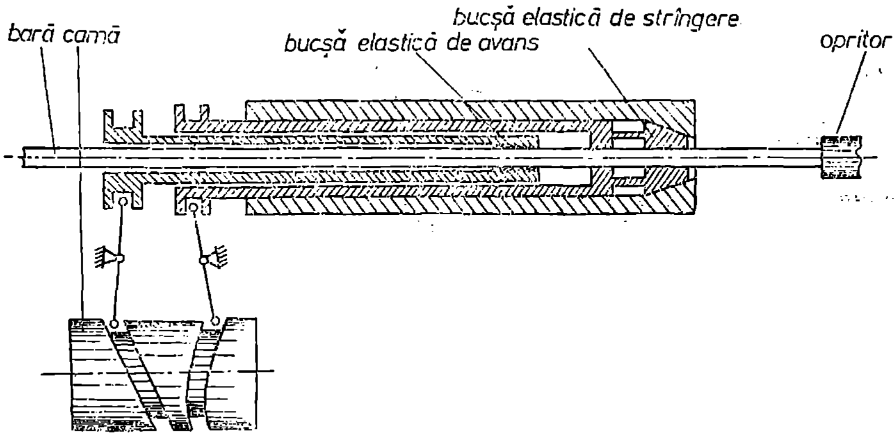


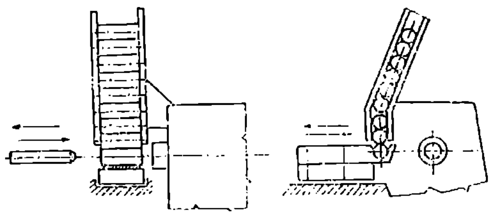
Fig. 5.77. Sistemul de avans și strîngere al barei la strungurile automate.

modificarea raportului de transmisie în mecanismul de acționare. Construcția axului de comandă al unui strung automat multiax este reprezentată în figura 5.76.

Un alt element, comun marii majorități a strungurilor automatizate mecanic, este sistemul de alimentare automată cu material din bară. După cum se poate vedea în figura 5.77 unde este reprezentată schema

unui astfel de sistem, bara este fixată cu ajutorul a două bucșe elastice. Bucșa elastică de strîngere nu se deplasează decît pe o distanță foarte mică, necesară strîngerii, respectiv desfacerii barei, deplasare comandată de camă prin intermediul unei pîrghii și a unei piese tubulare. În tot timpul ciclului, cu excepția intervalului necesar avansării barei, bucșa stă

Fig. 5.78. Sistem de alimentare automată folosit la strunguri revolver automate.



în poziția strînsă. Bucșa elastică de avans are suprafața de prindere prevăzută cu zimți, care fac ca, atunci cînd bucșa se mișcă spre stînga, să nu antreneze materialul, iar cînd se mișcă spre dreapta să îl antreneze. În timpul prelucrării, bucșa se deplasează spre stînga cu o distanță egală cu lungimea piesei prelucrate, iar cînd bucșa elastică de strîngere este desfăcută, împinge bara spre dreapta pînă cînd aceasta întîlnește opritorul.

Pentru alimentarea cu piese individuale se folosesc tipuri foarte variate de alimentatoare, a căror formă și construcție depind de forma și dimensiunile pieselor. Un astfel de alimentator este reprezentat în figura 5.78. Acest alimentator se montează pe una din săniile transversale orizontale în locul sculei. Se observă că mișcarea saniei asigură aducerea piesei în dreptul arborelui principal, poziționarea axială realizîndu-se cu ajutorul unui opritor montat în capul revolver.

c. **Strunguri cu automatizare secvențială.** Spre deosebire de strungurile cu automatizare mecanică, care prezintă o tipologie cristalizată și aproape unanim recunoscută, strungurile cu automatizare secvențială (electromecanică, electrohidraulică, electropneumatică etc.) se întîlnesc într-o varietate deosebit de mare și clasificarea lor este foarte grea. În această categorie, caracterizată față de strungurile cu automatizare mecanică de o flexibilitate mai mare (trecerea mai rapidă de la un fel de piesă la altul), se întîlnesc strunguri special construite pentru acest tip de comandă, strunguri revolver manuale care au fost automatizate, strunguri universale dotate cu diferite dispozitive auxiliare și accesorii, ce le permit să lucreze în ciclul semiautomat sau automat, strunguri cu automatizare mecanică, la care sistemul de automatizare a fost modificat fără să se altereze esențial construcția.

În continuare, se vor prezenta trei tipuri de astfel de strunguri care, fără să acopere întreg domeniul și nu fără suprapuneri, sînt totuși mai bine conturate : strunguri frontale, strunguri revolver și strunguri de strunjit între vîrfuri.

Stungurile frontale sînt mașini care servesc la prelucrarea pieselor cu raportul lungime/diametru mai mic sau egal cu 1 (fig. 5.79). Diametrul maxim al pieselor poate să ajungă pînă la 1000 mm. Strungurile frontale se realizează deseori și cu ax vertical. În ultimul timp, acest tip de strung s-a răspîndit foarte mult deoarece corespunde structurii nomenclatorului de piese al industriei constructoare de mașini. Într-adevăr cercetări statistice au arătat că piesele ce pot fi prelucrate pe astfel de strunguri reprezintă mai mult de jumătate din totalitatea pieselor.

Din punct de vedere constructiv, aceste mașini se caracterizează prin faptul că batiul este grupat în jurul păpușii fixe, săniile găsindu-se de regulă pe niște console. Săniile pot fi transversale, longitudinale sau, mai frecvent, în cruce (cu mișcări atît transversale cît și longitudinale). În general, mașinile se realizează în construcție modulară; adică pornind

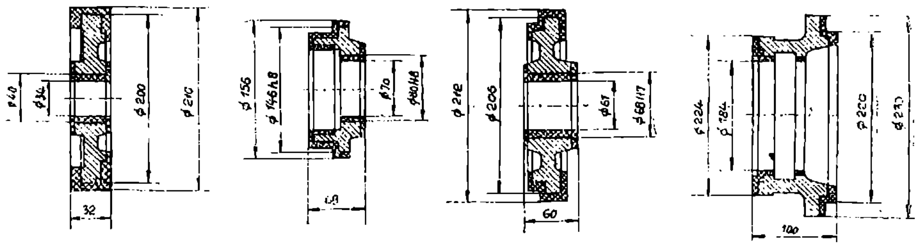


Fig. 5.79. Piese ce pot fi prelucrate pe strunguri frontale.

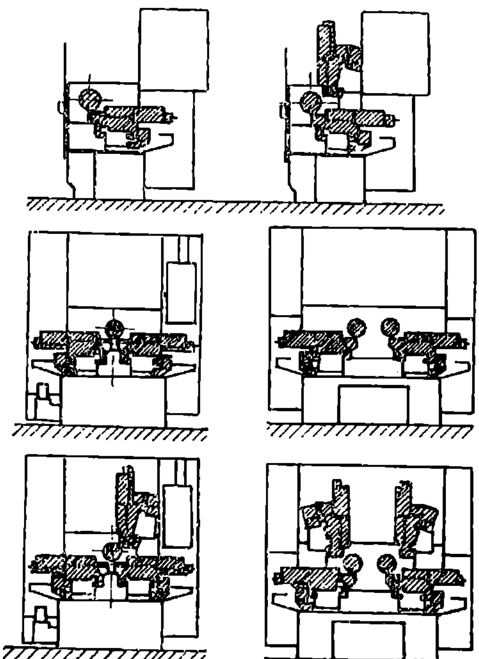


Fig. 5.80. Configurații posibile de strunguri frontale.

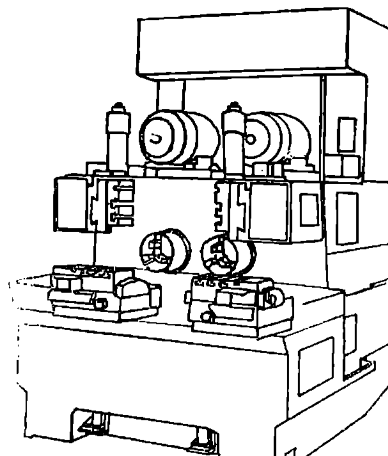


Fig. 5.81. Strung frontal cu două axe.

de la o construcție de bază se pot realiza diferite variante ce diferă prin numărul, tipul și amplasarea săniilor, numărul axelor principale etc. (fig. 5.80).

Frecvent, strungurile frontale se realizează cu două axe principale (fig. 5.81), mai rar, cu 3 și 4. Utilizarea acestor strunguri este destul de variată. Se pot prelucra fie în paralel două piese identice, fie succesiv aceeași piesă (de obicei se prelucrează în cele două posturi, cele două fețe ale piesei) sau, datorită independenței sistemelor de comandă ale săniilor, se pot prelucra în paralel piese complet diferite.

Strungurile frontale pot lucra în regim semiautomat sau automat, în acest caz avînd un sistem de alimentare automată. Un astfel de sistem este reprezentat în figura 5.82. Sistemul este prevăzut cu un braţ cu dublu sistem de apucare a pieselor. Semifabricatele vin pe un jgheab înclinat, prevăzut cu un mecanism de blocare. Piesele prelucrate sînt depla-

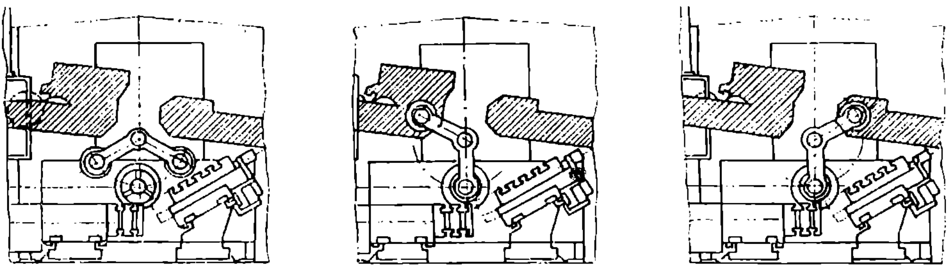


Fig. 5.82. Alimentarea automată cu piese a unui strung frontal.

sate pe un jgheab similar. Din poziţia neutră pe care o ocupă în timpul prelucrării, în primul moment, braţul apucă simultan piesa din arborele principal al strungului şi un semifabricat din jgheabul de semifabricate, după care, prin rotire, aduce semifabricatul în arborele principal, iar piesa prelucrată în jgheabul respectiv. La Întreprinderea de Strunguri Arad sînt în fabricaţie sau în curs de asimilare strungurile frontale SF 280 şi SF 400.

Strungurile revolver automate şi semiautomate cu automatizare secvenţială servesc la prelucrarea pieselor din semifabricate individuale sau din bară. Din punct de vedere constructiv, aceste strunguri se aseamănă cu strungurile revolver normale sau cu strunguri revolver cu automatizare mecanică. Elementul principal al acestor strunguri este un cap revolver cu 5—16 poziţii, care permite prelucrarea pieselor complexe cu un număr mare de scule, succesiv sau paralel-succesiv (cînd se pot monta mai multe scule într-o poziţie a capului revolver). Capul revolver are, de obicei, mişcare longitudinală, dar există şi maşini care dispun şi de posibilităţii de mişcare transversală. Capul rezolver poate avea axa longitudinală sau transversală. Posibilităţile tehnologice şi ciclurile de prelucrare sînt asemănătoare cu ale strungurilor revolver neautomate şi automatizate mecanic.

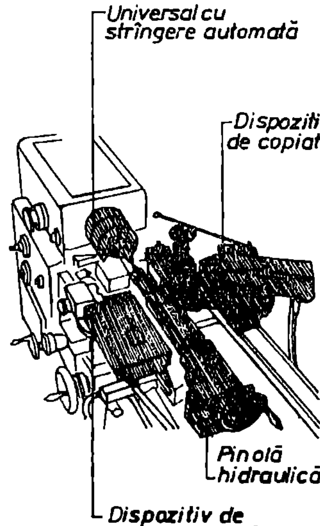


Fig. 5.83. Automatizarea unui strung normal.

Strungurile pentru prelucrarea între vîrfuri se utilizează la prelucrarea pieselor lungi şi subţiri, din semifabricate individuale. Aceste strunguri înlocuiesc în prezent strungurile similare cu automatizare mecanică, care nu se mai utilizează decît foarte rar şi strungurile normale, care nu mai corespund cerinţelor de productivitate la producţia în serie (deşi la noi în ţară se mai utilizează destul de frecvent).

O categorie din aceste strunguri provine din dotarea unor strunguri normale cu dispozitive de automatizare (fig. 5.83) : universal cu acționare hidraulică, păpușă mobilă cu acționare hidraulică, sanie de copiere hidraulică, dispozitive de filetare rapidă. Dotat cu aceste dispozitive, strungul lucrează în regim semiautomat. Automatizarea poate fi comple-

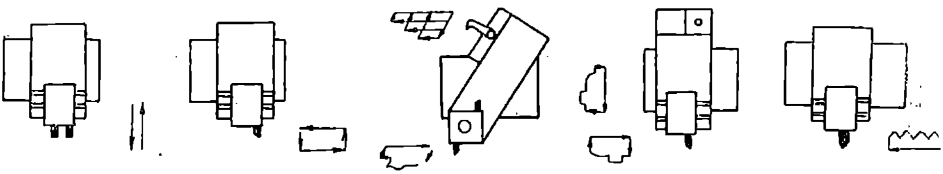


Fig. 5.84. Tipuri de sănii utilizate pe strungurile cu automatizare secvențială.

tată prin adăugarea altor dispozitive : cap revolver automat, sănii de retezare și profilare sau dispozitive de alimentare automată.

O altă categorie este formată din strungurile construite special pentru prelucrarea de mare productivitate a arborilor. Aceste strunguri au batiul înclinat sau vertical și sînt dotate cu un număr de 1—4 sănii. Aceste sănii pot fi sănii simple, de retezat și profilat, cu mișcarea pe două axe sau sănii de copiat, pe una sau două direcții, eventual cu ciclul cu mai multe treceri (fig. 5.84). Cîteva configurații posibile de strunguri din această categorie sînt reprezentate în figura 5.85.

După cum rezultă din cele arătate, marea majoritate a strungurilor de copiat prezentate în capitolul *1* intră în această categorie.

5.3.3. **Mașini speciale. Mașini agregat**

a. **Generalități.** Din punctul de vedere al universalității (adică al varietății prelucrărilor și al tipodimensiunilor de piese prelucrate), mașinile-unelte se pot împărți în :

— *mașini-unelte universale,* care pot executa o mare varietate de operații într-un domeniu larg de forme, dimensiuni și materiale ale pie-

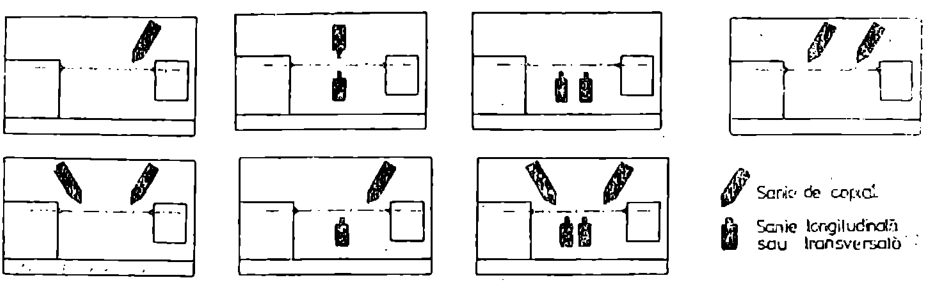


Fig. 5.85. Configurații posibile de strunguri de prelucrat între vîrfuri.

selor. Exemplele cele mai tipice sînt : strungurile universale, carusel, revolver, mașina de frezat universală, mașina orizontală de alezat și frezat, mașina universală de ascuțit scule ;

— *mașini-unelte specializate,* care pot executa un singur gen de prelucrări sau mai multe prelucrări asemănătoare, într-un domeniu larg de

forme, dimensiuni și materiale ale piesei. Exemple de astfel de mașini-unelte : mașina de găurit mono și multiax, mașinile de broșat, de rabotat, mașina de danturat, mașina de filetat, strungul automat de profilat și retezat, mașina de frezat canale de pană, mașinile de rectificat ;

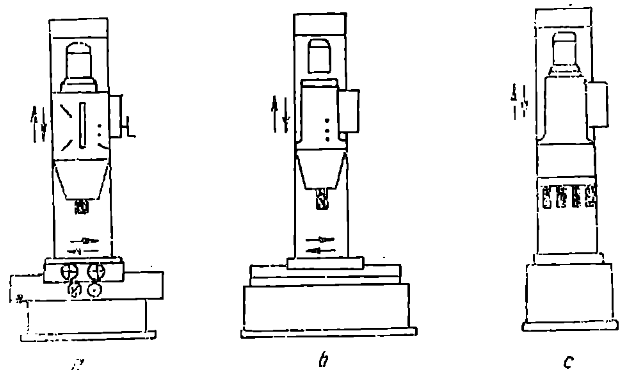


Fig. 5.86. Gradul de universalitate al mașinilor-unelte : a — mașină universală ; b — mașină specializată ; c — mașină specială.

— *mașini-unelte speciale,* care execută o singură operație, pe un singur tip de piesă (eventual mai multe tipuri de piese foarte apropiate ca formă și dimensiuni).

Pentru ilustrarea deosebirilor între aceste tipuri de mașini se va considera alezarea cilindrilor unui bloc-motor cu patru cilindri. După cum se poate vedea în figura 5.86, această prelucrare se poate face : pe o mașină de alezat și frezat în coordonate (mașină universală), pe care se pot realiza diferite operații de găurire, alezare, frezare, pe piese de diferite forme și dimensiuni ; pe o mașină de alezat cilindri cu un ax (mașină specializată), pe care se pot prelucra blocuri de dimensiuni diferite cu un număr de cilindri variabil ; pe o mașină de alezat cilindri cu patru axe (mașină specială), pe care se prelucrează numai blocuri cu patru cilindri (eventual multiplu de 4), cu distanța dintre axe fixă și doar cu diametrul variabil, într-o măsură destul de mică.

În general, majoritatea mașinilor speciale realizează operații de frezare, găurire, alezare, filetare cu tarodul, asupra unui număr de suprafețe ale pieselor de prelucrat. Datorită cerințelor productivității, aceste suprafețe trebuie prelucrate simultan (în măsura în care procesul tehnologic permite). Numărul, natura și poziția relativă a acestor suprafețe fiind diferite de la o piesă la alta, mașinile-unelte care prelucrează aceste piese vor avea o construcție foarte diferită. În cazul operațiilor de strunjire, piesele fiind în general caracterizate prin existența unor axe dominante, mașinile respective nu vor fi atît de diferite și de aceea se întîlnesc foarte rar mașini-unelte speciale din clasa strungurilor.

Realizarea mașinilor speciale ridică probleme deosebit de complexe. Datorită varietății mari a formelor constructive, piesele masive ca batiuri, coloane, corpuri, păpuși vor diferi de la o mașină la alta, în așa fel încît construirea mașinilor speciale, în același mod ca a celor universale, ar ridica mult costul lor. De aceea, în domeniul mașinilor speciale s-a adoptat aproape în exclusivitate principiul *agregării* sau al construcției *modulare*. Conform acestui principiu, orice mașină specială este realizată dintr-o serie de subansambluri tipizate, subansambluri care se regăsesc la un număr mare de mașini diferite ; în acest mod, aceste subansambluri

se realizează într-o serie destul de mare, deși mașinile rezultate din combinarea lor sînt unice, deosebindu-se una de alta. Mașinile-unelte astfel construite se numesc *mașini agregat.*

În ultimul timp, constructorii de mașini-unelte au extins acest mod de realizare și în domeniul mașinilor-unelte specializate și a celor universale.

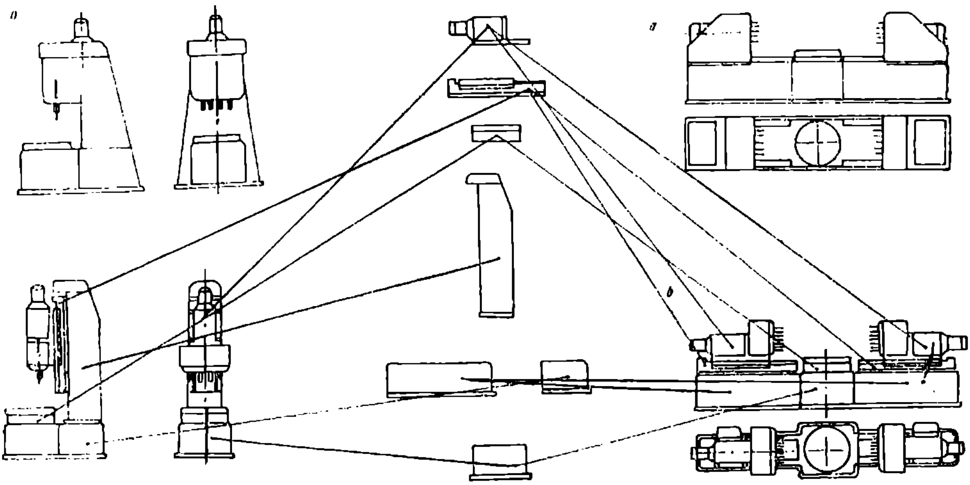


Fig. 5.87. Construcția mașinilor speciale :
a — construcție convențională ; b — construcție agregat.

Deosebirea dintre cele două moduri de realizare a unor mașini-unelte speciale (mașina de alezat cilindri cu patru axe și masă rotativă și o mașină de găurit multiax cu două capete orizontale) este reprezentată în figura 5.87. Se observă că la construcțiile convenționale elementele speciale reprezintă aproape 100%, în timp ce la construcția agregat singurele elemente speciale sînt capetele multiax, specifice fiecărei mașini, restul elementelor fiind tipizate.

b. **Elementele mașinilor agregat.** În componența mașinilor agregat intră mai mult elemente, cu ajutorul cărora se pot realiza cele mai variate configurații de mașini, pornind de la un număr cît mai redus de elemente. Principalele componente ale mașinilor agregat sînt :

— *capetele de forță* (unități de lucru), care conțin lanțurile cinematice principale necesare prelucrării executate pe mașină. Uneori în capul de forță se găsește și lanțul cinematic de avans. În acest caz capul de forță se numește *autonom ;*

— *săniile,* care conțin lanțurile cinematice de avans de lucru sau rapid, de poziționare și care, de cele mai multe ori, poartă capetele de forță și, mai rar, dispozitivele de prindere a piesei ;

— *mesele rotative* sau *indexabile,* necesare mașinilor agregat, multipoziționale. De obicei, aceste mese au axul vertical. În același scop, se utilizează *tambure* cu ax orizontal ;

— *elementele fixe* : batiuri, suporturi montați și alte elemente de sprijin.

În cele ce urmează vor fi prezentate o serie de detalii privind construcția unora din elementele mașinii agregat.

Capetele de forță se întîlnesc într-o varietate foarte mare de construcții. Mișcarea principală se obține printr-un lanț cinematic simplificat la maximum. Reglarea turațiilor arborelui principal se face cel mai frecvent cu roți dințate sau de curea, schimbabile, uneori adăugîndu-se sisteme de roți baladoare cu 2—3 poziții. Aceste caracteristici sînt comune tuturor capetelor de forță. Diferențierea lor se face în legătură cu mișcarea de avans. Capetele de forță automate realizează mișcarea de avans în două moduri : cu pinolă, sistem folosit la capetele de forță de mică putere sau cu sanie, la capetele de forță mai mari. Mișcarea de avans se poate realiza mecanic (camă, șurub, cremalieră) sau hidraulic.

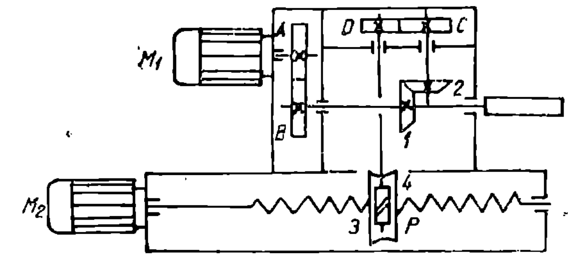


Fig. 5.88. Cap de forță autonom.

În schema cinematică din figura 5.88 se prezintă lanțurile cinematice principal și de avans ale unui cap de forță autonom cu avans mecanic. Reglarea mișcării principale se face cu ajutorul roților de schimb *A* și *B*, iar reglarea avansului de lucru cu ajutorul roților de schimb *C* și *D*. Mișcarea de avans, preluată de la arborele principal, prin angrenajul conic 1/2, ajunge la piulița rotativă, prin intermediul angrenajului cilindric *C/D* și al angrenajului melcat *3/4*. Avansul și retragerea rapidă se obțin cu ajutorul motorului M_1 care rotește direct șurubul conducător. Mișcarea rapidă de la motorul M_2 se suprapune peste mișcarea de lucru.

În figura 5.89 se prezintă capete de forță neautonome, la care schema cinematică se simplifică, rezumîndu-se la lanțul principal. În arborele principal se pot fixa scule pentru găurit, filetat, alezat, frezat sau dispozitive de frezat cu cap înclinabil, dispozitive de strunjit plan, dispozitive de găurit și filetat multiax.

Săniile servesc la realizarea mișcărilor de avans, apropiere și retragere rapidă precum și a mișcărilor de reglare, fie a capetelor de forță neautonome, fie, mai rar, a dispozitivelor portpiesă.

Acționarea săniilor este electromecanică (fig. 5.89, *a*) sau hidraulică (fig. 5.89, *b*). În cazul acționării electromecanice se utilizează două motoare electrice : unul pentru avansul de lucru, care se cuplează cu șu-

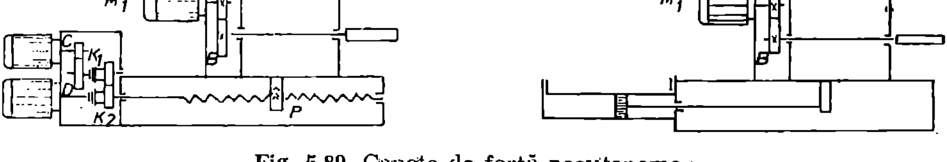


Fig. 5.89. Capete de forță neautonome :
a — cu avans electromecanic ; *b* — cu avans hidraulic.

rubul conducător prin intermediul roților de schimb *C* și *D* și a unui angrenaj fix 1/2, iar celălalt, motorul de avans rapid, se cuplează direct cu șurubul conducător. Mișcările sînt comandate prin intermediul ambreiajelor K1 și K2.

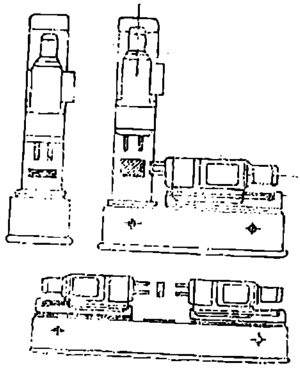


Fig. 5.90. Mașini agregat cu un singur post.

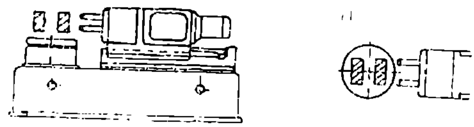


Fig. 5.91. Mașini agregat cu două posturi.

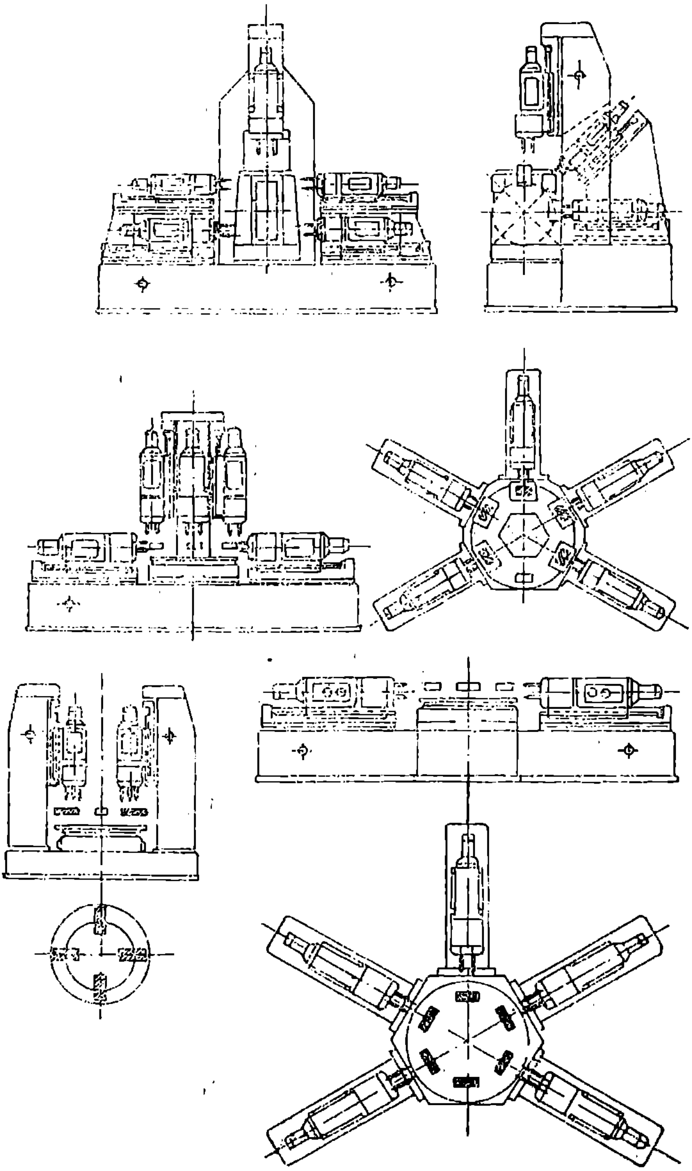
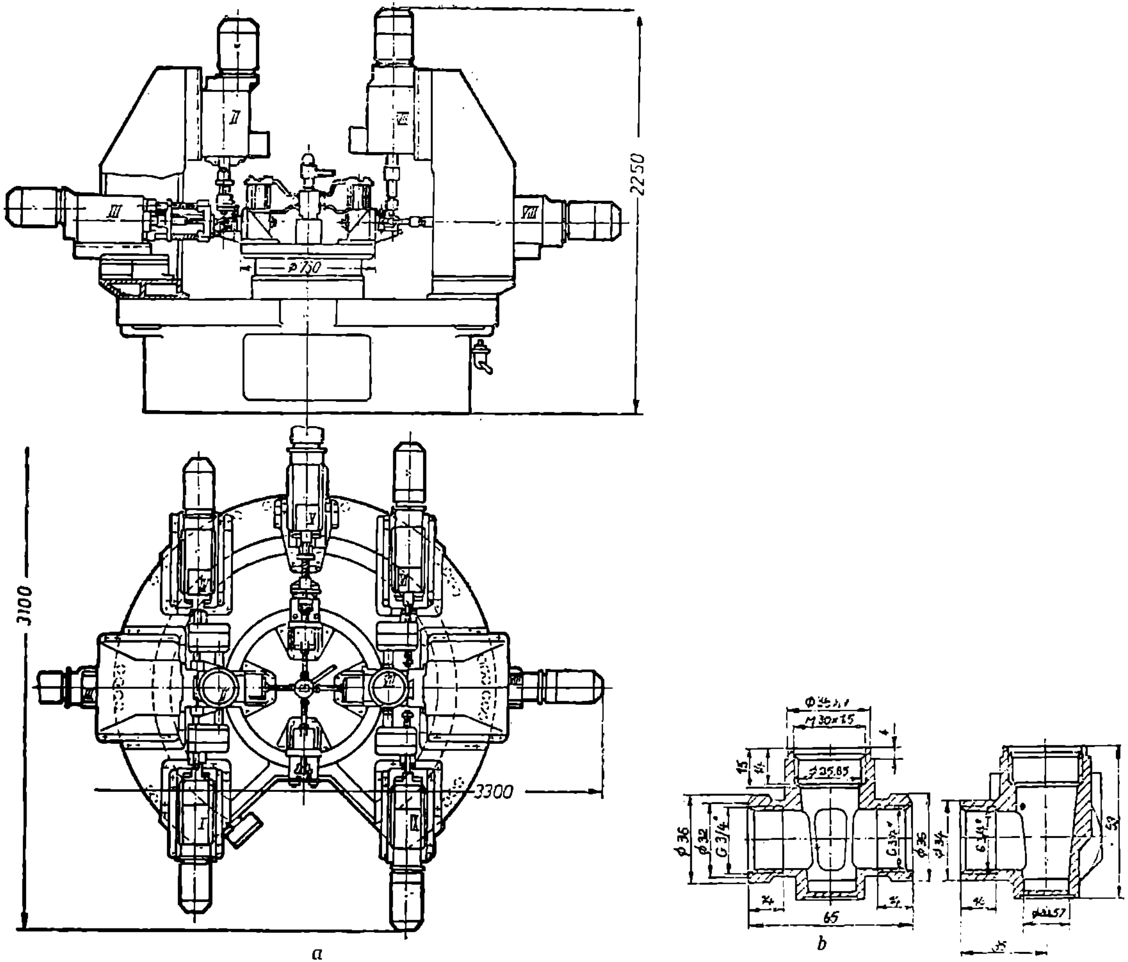
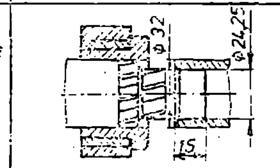
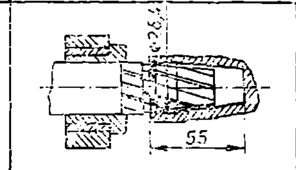
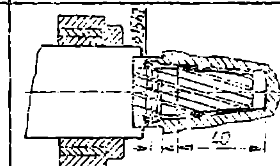
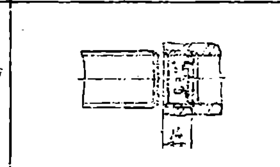
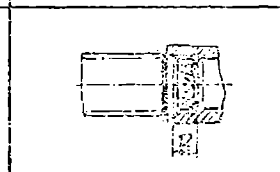


Fig. 5.92. Mașini agregat cu mai multe posturi.



Cap de forță	Operație	Schița
I, II și IV	Alezare la Φ24,25 teșire și lamare la Φ32, din trei părți	
III	Alezare cilindrică la Φ28,4 și conică	
V	Prelucrarea umărului Φ35h7 și alezare conică	
VI, VII, IX	Filetare G 3/4" din trei părți	
VIII	Filetare M 30×1,5	

c

Fig. 5.93. Mașină agregat pentru prelucrarea corpului de robinet:
a — vedere; *b* — desenul piesei; *c* — succesiunea fazelor de prelucrare.

Automatizarea ciclurilor mașinilor agregat se realizează cu ajutorul sistemelor electrotehnice sau electrohidraulice, cu limitatoare de cursă și came de impuls, prezentate în subcapitolul 5.1.

c. **Tipuri constructive de mașini agregat.** Prin însăși natura lor mașinile agregat prezintă o varietate deosebită de forme. În principiu ele pot fi clasificate în două categorii mari : mașini cu un singur post și mașini cu mai multe posturi.

Mașinile agregat cu un post realizează prelucrarea pieselor, de obicei, din 1—4 direcții distincte, cu un număr corespunzător de capete de forță. Capetele de forță lucrează simultan, ciclurile fiecăruia fiind independente. După ce toate capetele s-au retras, mașina se oprește pentru înlocuirea piesei. Aceste mașini lucrează în general în regim semiautomat. În figura 5.90 sînt reprezentate cîteva configurații posibile ale mașinilor agregat cu un singur post.

Mașinile agregat cu mai multe posturi se realizează în cazuri cînd sînt necesare productivități mai mari. Prima treaptă o constituie mașinile cu două posturi, la care unul din posturi este de încărcare-descărcare a piesei și celălalt de lucru (fig. 5.91), astfel realizîndu-se reducerea timpului ajutător prin suprapunerea acestuia peste timpul de bază. Trecerea pieselor de la un post la altul se face prin mișcare de rotație sau translație.

Prin diferențierea operațiilor deci, prin împărțirea prelucrărilor între mai multe posturi de lucru, se realizează o reducere considerabilă a timpului de bază aparent. Mișcarea de transport de la un post la altul este de rotație, cu ax vertical (masă circulară sau inelară) sau cu ax orizontal (tambur). Pe masă sau tambur se găsesc montate dispozitivele de fixare a pieselor. Mașinile au între 3 și 12 posturi. De remarcat că numărul capetelor de forță este diferit de numărul posturilor de lucru (unul sau două posturi sînt afectate încărcării și descărcării pieselor), la un post putîndu-se găsi pînă la patru capete de forță, dar un cap de forță poate deservi uneori și mai multe posturi. Cîteva tipuri de mașini cu mai multe posturi sînt reprezentate în figura 5.92.

O mașină agregat cu mai multe posturi pentru prelucrarea corpului unei armături este reprezentată în figura 5.93, împreună cu desenul piesei și cu schema operațiilor executate la diferitele posturi ale mașinii. În țara noastră mașini agregat se construiesc la Brașov, la întreprinderile de autocamioane și tractoare, prin autodotare și la IMUA București. În ultimii ani mai multe întreprinderi constructoare de mașini-unelte de la Iași, Suceava, Oradea, Sf. Gheorghe au fost parțial sau integral profilate pe construcția de mașini agregate.

5.3.4. Mașini cu comandă numerică

a. **Descriere.** Apariția și dezvoltarea comenzii numerice, prezentată în subcapitolul 5.1, au permis extinderea automatizării complete a procesului de prelucrare, care pînă atunci se aplica numai la producția în serie mare și în masă și la domeniul producției de serie mică și mijlocie care reprezintă o parte esențială a industriei constructoare de mașini.

Utilizarea comenzii numerice prezintă avantaje multiple față de sistemele de automatizare convențională :

— reducerea costurilor și creșterea productivității la prelucrarea unui număr redus de piese ;

— posibilitatea realizării unor piese foarte complicate (numărul secvențelor de program este în cazul automatizării convenționale de cîteva zeci, în timp ce la comanda numerică este de cîteva sute) ;

— posibilitatea elaborări tehnologiilor cu ajutorul calculatoarelor electronice ;

— posibilitatea realizării unor sisteme de automatizare complexe la nivelul secțiilor sau a întreprinderii, comandate centralizat de calculatoare electronice.

În prezent, comanda numerică se întîlnește la toate tipurile de mașini-unelte cu mișcare principală de rotație. Dintre acestea circa 23% o reprezintă strungurile, 30% mașinile de găurit, alezat și frezat, mașini care există și în variante neautomatizate sau automatizate convențional, 2% din mașinile cu comandă numerică sînt diferite mașini (de rectificat, debitat, filetat, danturat, neconvenționale etc.), rezultate din automatizarea unor mașini-unelte existente. Restul de aproape 45% din mașinile cu comandă numerică *centrele de prelucrare.*

Mașinile cu comandă numerică sînt caracterizate prin numărul deplasărilor comandate. Aceste deplasări poartă numele de *axe.* Datorită costului ridicat al echipamentului, numărul axelor este în general de 2—3, ajungînd mai rar pînă la 4—6.

Tot datorită costului ridicat al echipamentului specific, comanda numerică se instalează cu precădere pe mașini a căror valoare este oricum ridicată : mașini-unelte grele și mașini cu precizie ridicată.

Ca aspect general, mașinile cu comandă numerică se aseamănă cu mașinile similare, neautomatizate sau automatizate convențional.

Din punct de vedere constructiv însă, mașinile cu comandă numerică prezintă o serie de particularități :

— lanțul cinematic principal este, la majoritatea mașinilor cu comandă numerică actuale, prevăzut cu posibilitatea variației continue a turațiilor. Acest lucru se realizează în mare parte folosindu-se motoare de acționare de curent continuu sau, mai rar, cu utilizarea unor variatoare mecanice sau hidraulice ;

— mișcările de avans, în număr de 2—6, sînt acționate de motoare independente spre deosebire de mașinile convenționale unde avansurile sînt acționate de la motorul principal (la strung) sau de la motor comun pentru toate avansurile, mișcarea repartizîndu-se cu ajutorul cutiei de distribuție (mașini de frezat sau de alezat și frezat) ; și în acest caz trebuie asigurată variația continuă a vitezei de avans. Acționarea lanțurilor de avans se face cu ajutorul servomotoarelor electrice, a motoarelor electrice sau electrohidraulice pas cu pas ;

— datorită preciziei ridicate este necesară înlăturarea în cît mai mare măsură a frecării dintre diferitele organe în mișcare relativă și a uzurii ce decurge din aceasta. Aceasta se obține prin folosirea elementelor de rostogolire (bile, role) sau a sistemelor hidrostatice la principalele îmbinări mecanice mobile : fus-lagăr, sanie-ghidaj, șurub-piuliță. Dintre aceste elemente se remarcă, prin utilizarea largă, șuruburile cu bile și elementele de rostogolire pentru ghidaje (fig. 5.94) ;

— datorită productivității mari și a regimurilor intense folosite, mașinile trebuie să aibă asigurată o rigiditate sporită precum și o posibilitate de evacuare ușoară a așchiilor.

Diferitele mașini cu comandă numerică se caracterizează și se individualizează prin dispunerea axelor comandate numeric.

În figura 5.95 se prezintă dispunerea axelor pentru cele mai uzuale mașini cu comandă numerică : strunguri cu 2 și 4 axe, strunguri carusel, mașini de frezat cu consolă sau longitudinale, mașini orizontale de alezat și frezat etc.

Ca o regulă generală, se constată că axa Z coincide cu arborele principal al mașinii, axa *X* este întotdeauna orizontală (sau înclinată), axa *Y* putînd fi orizontală sau verticală.

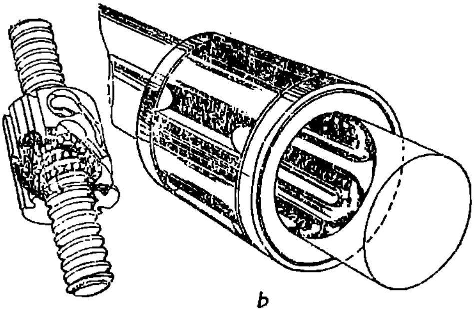


Fig. 5.94. Elementele constructive specifice mașinilor-unelte cu comandă numerică :
a — șurub cu bile ; *b* — ghidaj cu elemente de rostogolire.

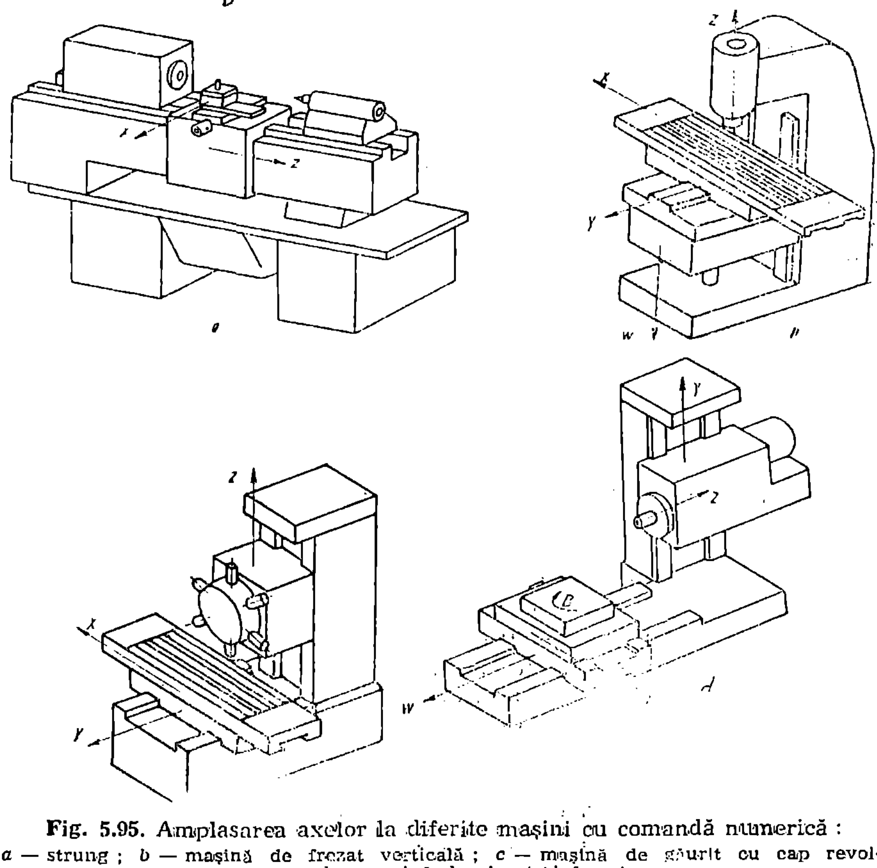


Fig. 5.95. Amplasarea axelor la diferite mașini cu comandă numerică :
a — strung ; *b* — mașină de frezat verticală ; *c* — mașină de găurit cu cap revolver ; *d* — mașină de alezat și frezat.

În afară de dispunerea axelor, este important și felul comenzii pe axa respectivă (poziționare, liniar, conturare). De obicei, axele de poziționare se întîlnesc la mașinile de găurit în coordonate, precum și ca axe auxiliare, la mașini mai complexe, ca : rotirea mesei, orientarea arborelui

principal etc. Majoritatea strungurilor și mașinilor de alezat și frezat au axele cu comandă liniară. Conturarea se realizează la ora actuală pe două axe (conturare plană). La mașinile mai perfecționate este posibilă selectarea planului în care se face conturarea (XY, YZ sau ZX, după nevoie) sau chiar posibilitatea conturării spațiale.

b. **Centre de prelucrare.** O categorie de mașini, tipice pentru comanda numerică, o reprezintă centrele de prelucrare. În esență, un centru de prelucrare este o mașină cu sculă rotativă, cu cel puțin trei axe comandate numeric și dotată cu un sistem de schimbare automată a sculelor.

Față de aceste centre de prelucrare simple, care pot rezulta din mașini de frezat, de găurit în coordonate sau de alezat și frezat, cu comandă numerică și schimbător de scule, centrele de prelucrare s-au dez-

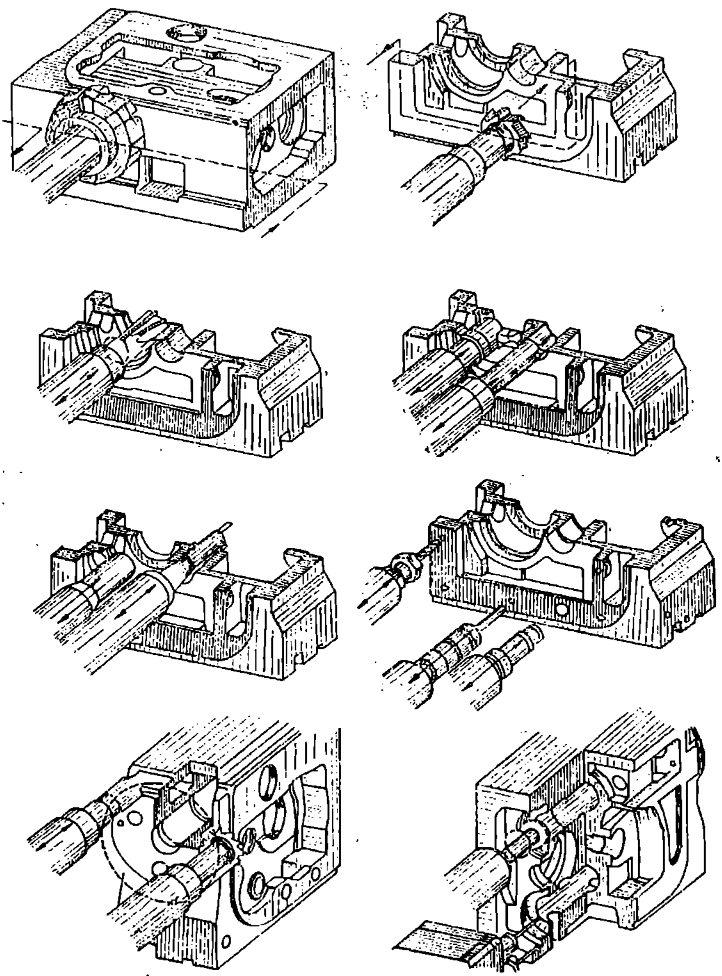


Fig. 5.96. Prelucrări realizate pe centrele de prelucrare.

voltat și diversificat în multe direcții, în așa fel, încît, unele din ele nu mai seamănă cu nici o mașină clasică.

În general, centrele de prelucrare realizează operații de frezare, găurire, alezare, strunjire cu cuțit rotativ, filetare, pe piese de tipul carcaselor, corpurilor, plăcilor etc. (fig. 5.96).

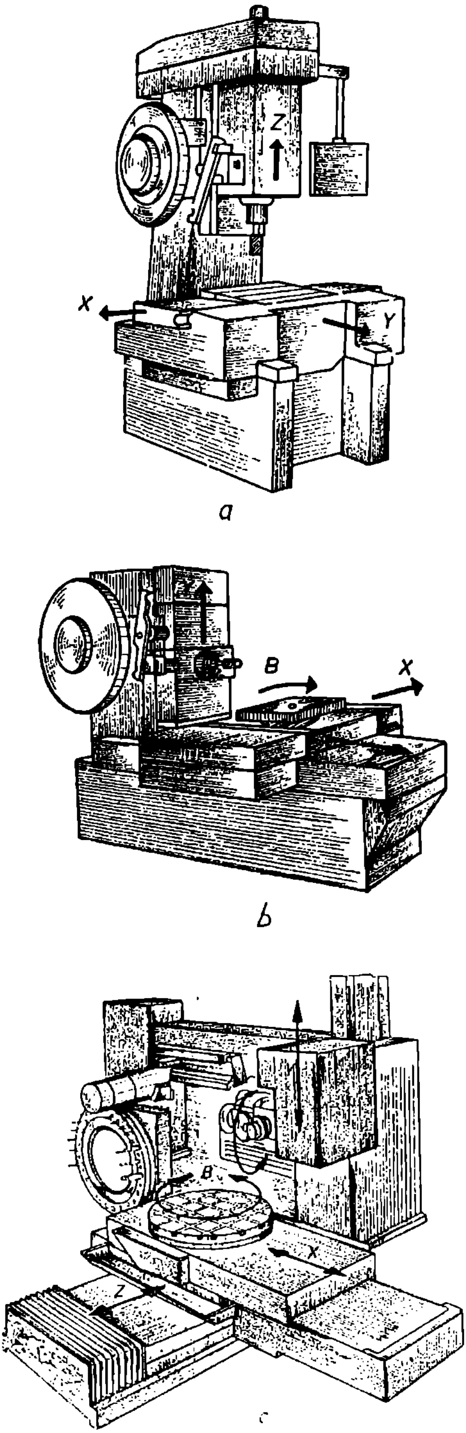


Fig. 5.97. Centre de prelucrare :
a — vertical ; *b* — orizontal cu masa indexabilă ; *c* — cu cinci axe.

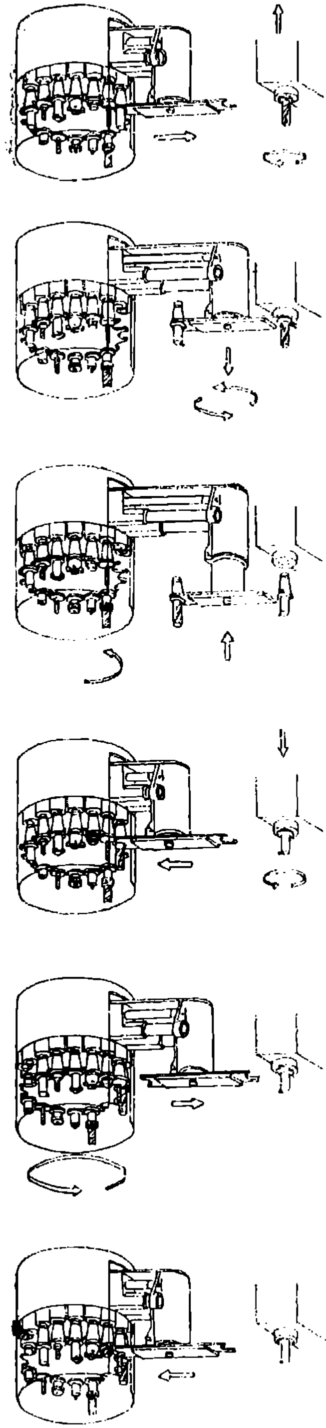


Fig. 5.98. Schimbarea sculelor la un centru de prelucrare.

Centrele de prelucrare cu ax vertical prelucrează fața superioară a pieselor (opusă suprafeței de așezare), iar cele cu ax orizontal prelucrează una din fețele laterale (fig. 5.97, *a*).

Pentru a micșora numărul de prinderi, care în acest caz este egal cu cel al fețelor prelucrate, centrele de prelucrare orizontale sînt dotate cu o masă indexabilă la 90°, care permite prelucrarea a patru fețe dintr-o singură prindere (fig. 5.97, *b*). Perfecționarea în această direcție duce la transformarea acestei axe într-o comandă numerică (poziționare sau axială), ceea ce permite prelucrarea din orice direcție (în planul orizontal, precum și frezări cu avans circular. La cele mai perfecționate centre de prelucrare apare și o a cincea axă, care este realizată prin înclinarea mesei sau a arborelui principal cu un unghi cuprins între 0 și 90° (fig. 5.97, *c*). O astfel de mașină poate să prelucreze o piesă din toate părțile, cu excepția suprafeței de așezare, într-o singură prindere (piesa completă în maximum două prinderi).

Schimbarea sculelor la centrele de prelucrare simple se face cu ajutorul unui magazin disc cu 6—12 poziții. Acest sistem permite numai prelucrări mai puțin complexe, datorită numărului de scule redus (se utilizează de obicei la prelucrarea alezajelor). Centrele de prelucrare actuale au magazine de scule cu capacități de circa 20—40 de scule, ajungînd în cazuri speciale la 80—120 de scule. În acest din urmă caz, magazinul complet de scule servește la prelucrarea unui mare număr de piese diferite, care intră în programul obișnuit de fabricație al întreprinderii respective.

Modul de schimbare automată a sculei la un centru de prelucrare cu axă verticală este reprezentat în figura 5.98. Timpul de schimbare al sculei este de circa 5—15 s. Sculele din magazin pot fi codificate cu ajutorul unor știfturi sau inele, identificarea lor realizîndu-se cu un cititor special. În acest caz, sculele pot fi așezate în magazin într-o ordine arbitrară, sistemul de comandă al mașinii găsind scula dorită. La mașinile mai ieftine, sculele sînt introduse în magazin în ordinea cerută de planul de operații, ele fiind utilizate de mașină în această ordine.

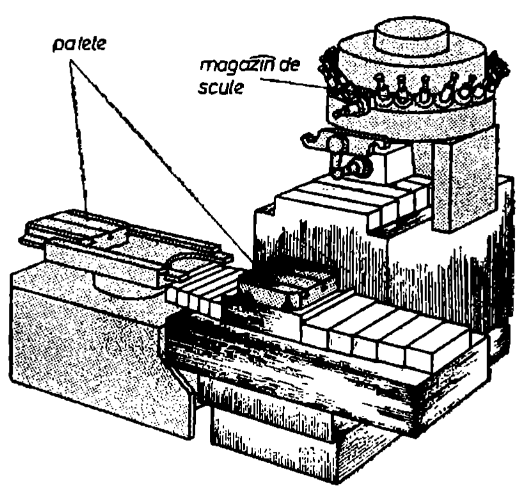
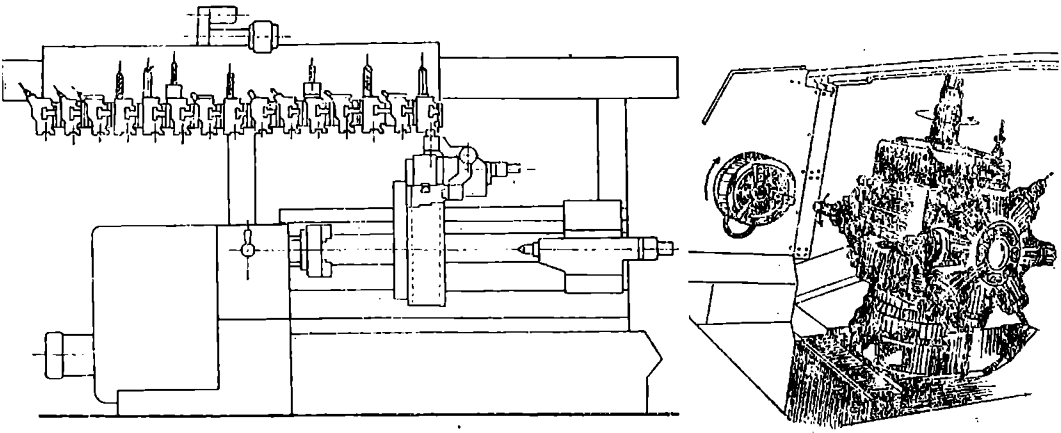


Fig. 5.99. Sistem de shimbare a paletelor la un centru de prelucrare.

O direcție de dezvoltare a dus la apariția unor centre de prelucrare la care nu se schimbă scule individuale, ci capete de prelucrare mono sau multiax.

O altă tendință în dezvoltarea centrelor de prelucrare este introducerea sistemului de schimbare automată a piesei concretizată prin apariția unui post în care se pot realiza prinderea și desprinderea piesei, în timp ce pe celălalt se face prelucrarea. Aceasta se face prin dublarea mesei de lucru sau prin folosirea sistemului de schimbare cu palete, cel de al doilea sistem avînd, răspîndire tot mai mare (fig. 5.99).

Mașini similare cu centrele de prelucrare au apărut și în domeniul strungurilor. Deşi numărul sculelor necesare prelucrării pieselor de strung este mai redus și strungurile cu comandă numerică au în mod obișnuit capete revolver cu 4—12 scule, se obișnuiește să se numească *centre de strunjire,* fie strungurile dotate cu un magazin de scule fixat pe batiu cu o capacitate de 12—30 scule, fie mașinile care în afara operațiilor de



a b

Fig. 5.100. Centre de strunjire :
a — cu magazin de scule ; *b* — cu cap revolver pentru prelucrarea cu scule rotative.

strunjire au posibilitatea (prin prezența unui ax auxiliar, rotativ) să realizeze și prelucrări prin frezare, găurire excentrică etc. (fig. 5.100).

Centrele de prelucrare reprezintă mașinile-unelte cu cel mai mare grad de universalitate și flexibilitate și, în același timp, o soluție economică de creștere a productivității pentru producția de unicate și de serie mică. In tabelul 5.7 se prezintă o comparație între prelucrarea convențională a unei carcase și prelucrarea ei pe un centru de prelucrare.

Tabelul 5.7

Comparație între prelucrarea unei carcase pe mașini convenționale și pe centre de prelucrare

Tipul de mașină folosit	Mașini convenționale	Centre de prelucrare
Număr de mașini	4	1
Număr de prinderi	16	2
Număr de transportări	10	2
Număr de operații de control	4	4
Timp de pregătire-încheiere	30 min	80 min
Timp unitar	510 min	90 min

5.3.5. Linii automate și sisteme de prelucrare

O analiză a ciclului de fabricație a pieselor la producția în serie (fig. 5.101) arată că o parte considerabilă a timpului piesele se găsesc în transport și mai ales în așteptare. Chiar o mărire a productivității muncii, care acționează asupra timpului unitar T_u, are un efect minor asupra duratei ciclului de fabricație.

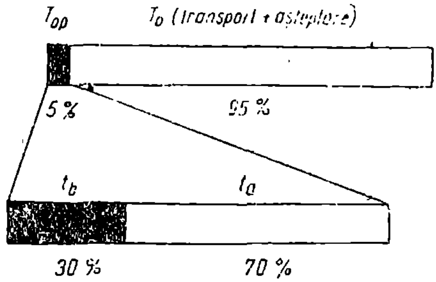


Fig. 5.101. Ciclul de prelucrare în construcția de mașini.

O reducere importantă a timpilor de transport și așteptare se realizează prin introducerea fabricației în flux (v. fig. 5.4). În cazul cînd mașinile-unelte sînt automatizate este natural să apară tendințe de a automatiza și activitățile interoperaționale de manipulare și stocare a pieselor. Rezultatul acestui proces este *linia automată* de producție. În figura 5.102 se poate vedea trecerea de la o linie în flux, formată din mașini agregat, la care transportul era mecanizat parțial prin prezența unor căi cu role și a unor electropalane, la o linie automată, prin înlocuirea căii cu role printr-un conveior și dispunerea mașinii direct pe calea acestuia.

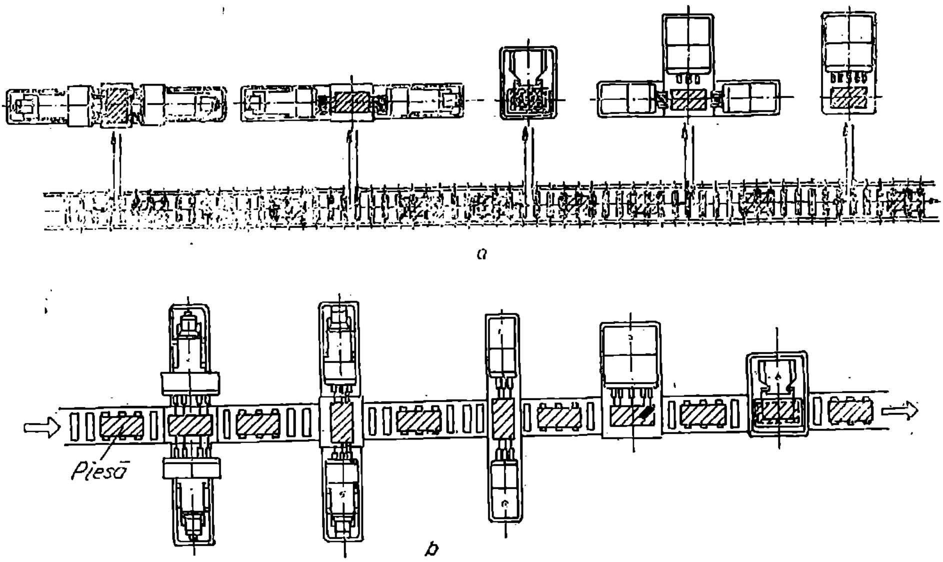


Fig. 5.102. Realizarea liniilor automate:
a — mașini izolate cu sistem de transport cu role; *b* — linie automată.

Din punct de vedere tehnologic, liniile automate sînt echipate cu o serie de mașini prezentate anterior: strunguri automate multiax cu acțiune succesivă, mașini agregat cu mai multe posturi (doar că, de obicei, numărul posturilor este mai mare decît în aceste cazuri, cînd era de 4—12).

Creșterea ritmului liniei tehnologice, adică micșorarea intervalului la care ies piesele prelucrate, se obține prin diferențierea operațiilor, ceea ce corespunde măririi numărului de posturi, ritmul liniei fiind determinat de durata operației celei mai lungi. Liniile automate obișnuite pot fi realizate în două moduri : din mașini speciale sau din mașini universale sau specializate. Dacă prima variantă se utilizează pentru prelucrarea unui singur tip de piesă, cea de a doua permite o oarecare flexibilitate. De obicei, liniile de tipul doi sînt realizate din mașini pentru prelucrarea pieselor de rotație.

Piesele pot circula în liniile automate fie libere, prinderea și orientarea lor făcîndu-se în dispozitive fixe, care se găsesc în fiecare post de prelucrare, fie împreună cu dispozitivul în care sînt fixate, dispozitivul fiind indexat în poziția de prelucrare la fiecare post. În cel de al doilea caz, este necesară o cale suplimentară pe care dispozitivele goale se întorc la capul liniei. Alegerea uneia din cele două metode este funcție de forma și complexitatea piesei.

După modurile de legătură între posturile de lucru, liniile automate pot fi : cu legătură rigidă și cu legătură elastică.

La liniile cu legătură rigidă, ritmul de funcționare al posturilor este același, piesele trecînd cu viteză constantă de la un post la altul. Înaintarea pieselor se face cu ajutorul unui dispozitiv „pas cu pas". Oprirea unui post pentru schimbarea sculei uzate sau oprirea accidentală implică oprirea întregii linii.

Posturile liniilor cu legătură elastică funcționează cu ritmuri proprii, între ele find intercalate niște sisteme de stocare tampon, care pot prelua diferențele (piesele în plus) și compensa eventualele opriri ale unuia sau altuia dintre posturi. Liniile formate din mașini universale sau specializate sînt de obicei de acest tip. În cazul liniilor formate din mașini agregat se adoptă deseori o soluție intermediară, adică linia este împărțită în cîteva sectoare independente, formate din mașini cu legătură rigidă, legătura între sectoare făcîndu-se elastic. Astfel se face un compromis între avantajele liniilor cu legătură elastică și costul lor ridicat (fig. 5.103).

În afara posturilor de lucru și al sistemului de transport, în componența liniilor automate mai intră o serie de dispozitive auxiliare : de încărcare, descărcare, rotire a piesei în jurul axului orizontal sau vertical, control etc. În figura 5.104 este prezentată componența tipică a unei linii automate cu legătură rigidă formată din mașini agregat.

Pentru a se ilustra tehnologia de prelucrare a pieselor pe linii automate sînt prezentate în continuare două linii automate din industria de automobile și tractoare. Prima linie este formată din mașini specializate (ferestrău circular) și mașini universale (strunguri automate multiax), care prelucrează segmenți de piston din semifabricate cilindrice turnate. Legătura între mașinile-unelte ale liniei este flexibilă, dotată cu sisteme de stocare (fig. 5.105).

Cea de a doua linie (fig. 5.106) este formată din mașini agregate legate rigid, care execută operații de strunjire, plană, găurire, adîncire, teșire și filetare a galeților pentru șenilele tractoarelor. Linia utilizează dispozitive mobile. Ea este formată din două șiruri identice opuse de mașini care prelucrează succesiv cele două fețe frontale ale galeților. La capătul primului șir de șapte posturi, piesele sînt scoase din dispozitiv și întors cu 180°, după care se începe prelucrarea feței opuse. Se prelucrează simultan cele două piese.

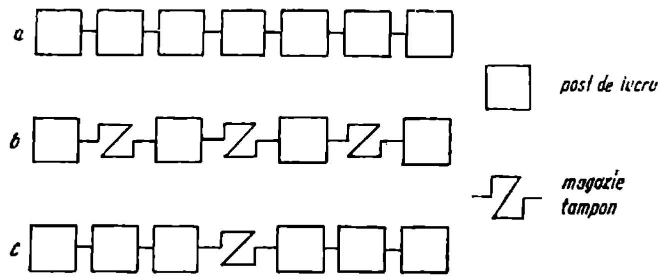


Fig. 5.103. Tipuri de linii automate :
a — cu legătură rigidă ; *b* — cu legătură elastică ; *c* — combinate.

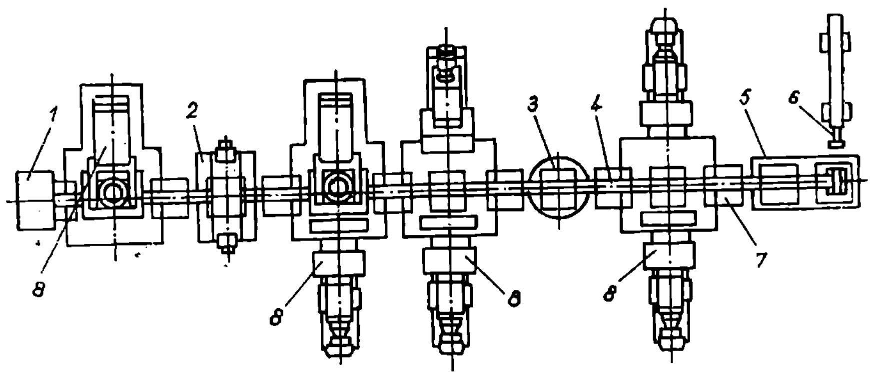


Fig. 5.104. Componența unei linii automate tipice :
1 — încărcător; *2* — dispozitiv de răsturnare; *3* — dispozitiv de întoarcere; *4* — transportor; *5* — acționarea transportorului; *6* — împingător pentru descărcare; *7* — piesă de prelucrat ; *8* — mașini-unelte.

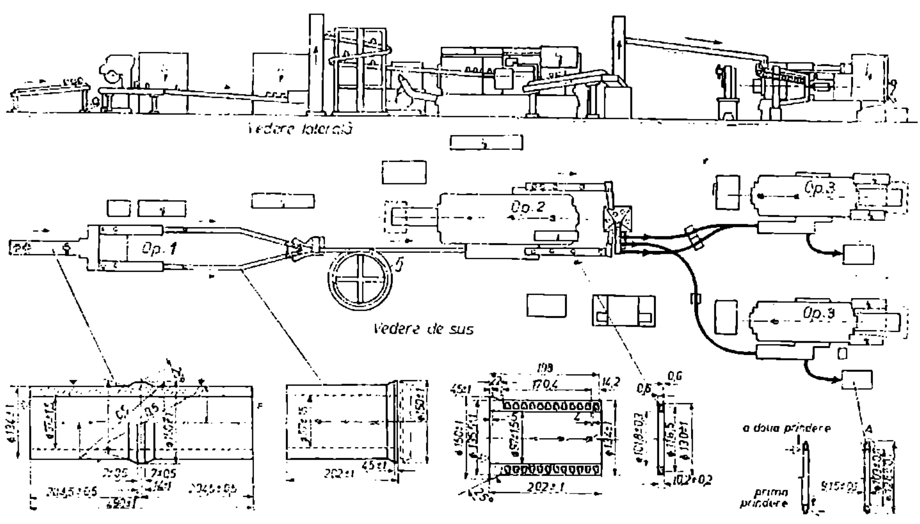
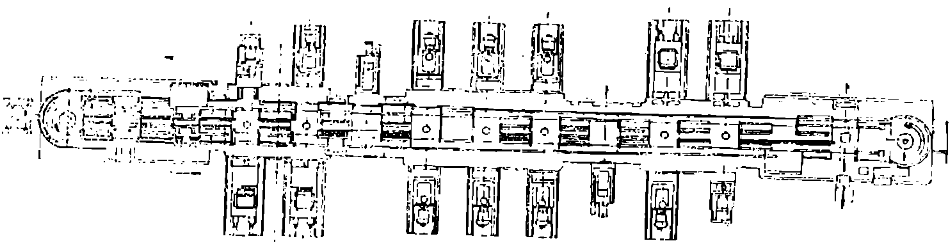
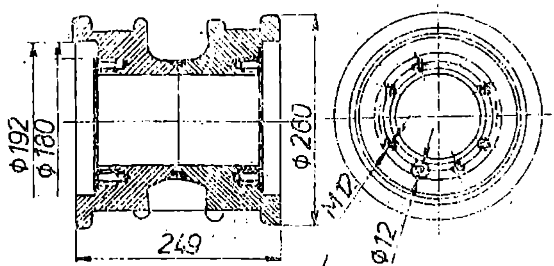


Fig. 5.105. Linie automată cu legătură elastică :
a — vederea liniei ; *b* — stadiile de prelucrare a piesei.



a



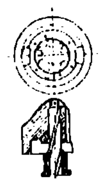
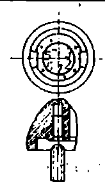
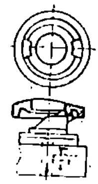
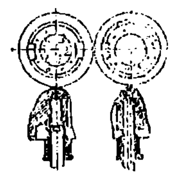
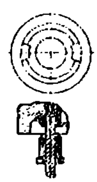
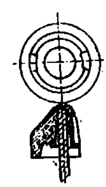
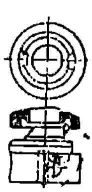
Post	Operația	Schița	Post	Operația	Schița
P_1+P_8	Degroșarea feței frontale		P_5+P_{12}	Adâncirea a 6 găuri ∅ 10,2 (1 la 6) și a unei găuri ∅ 11,7 (7)	
P_2+P_9	Finisarea feței frontale		P_6+P_{13}	Teșirea a 6 găuri (1 la 6) și alezarea unei găuri ∅ 12 (7)	
P_3+P_{10}	Găurirea a 6 găuri ∅ 9,7 (1 la 6) și a unei găuri ∅ 10,9 (7)		P_7+P_{14}	Filetarea a 6 găuri M 12 (1 la 6)	
P_4+P_{11}	Găurirea a 6 găuri ∅ 9,5 (1 la 6) și a unei găuri ∅ 10,5 (7)				

Fig. 5.106. Linie automată cu legătură rigidă:
a — vedere de sus a liniei; *b* — desenul piesei; *c* — succesiunea operațiilor.

În ultimii ani s-a folosit o soluție care cuprinde avantajele liniilor automate în condițiile producției de o serie mică și mijlocie. Acestea trebuie să îmbine automatizarea complexă a prelucrării, transportului, controlului cu flexibilitatea impusă de seriile relativ mici de fabricație sau chiar de prelucrarea unor piese diferite într-o ordine arbitrară. Astfel au apărut *liniile automate flexibile* sau *sistemele integrate de prelucrare*, compuse în general din mașini cu comandă numerică (în special centre de prelucrare), legate printr-un sistem de transport automat, coordonate de un calculator electronic. Aceste sisteme se utilizează în special în industria aeronautică și spațială, de mașini-unelte și s-a extins la producția de motoare și vehicule grele, care se produc în serii mici și mijlocii. Un astfel de sistem este reprezentat în figura 5.107.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. La prelucrarea unui lot de 100 de piese timpul de pregătire-încheiere $T_{pi}=50$ min, iar timpul unitar $T_u=10$ min. Cum se obține o reducere mai importantă a normei de tip N_u ?
a — reducînd la jumătate timpul de pregătire T_{pi};
b — reducînd la jumătate timpul unitar T_u.
2. Prelucrarea găurilor unei flanșe se face pe o mașină de găurit cu coloană. Ce se întîmplă cu timpul T_{pi}, t_b și t_a dacă prelucrarea se execută pe :
a — o mașină de găurit multiax ;
b — un centru de prelucrare ?
3. La prelucrarea aceleiași piese pe un strung normal, un strung revolver, un strung automat multiax și un strung automat monoax, timpii de pregătire-încheiere T_{pi} și unitar T_u au valorile :

Mașina-unealtă	T_{pi}, min	T_u, min
Strung normal	25	22,0
Strung revolver	200	7,1
Strung automat monoax	300	2,6
Strung automat multiax	420	0,8

Să se indice mașina-unealtă cea mai productivă pentru un lot de :
a — 10 piese ;
b — 20 piese ;
c — 50 piese ;
d — 200 piese.
4. Ce semnificație are următoarea frază din programul unei mașini-unelte cu comandă numerică.

*N*201 *G*90 *Z*0150,25 *S*70 *F*99 *I*02 *M*03 ?

6. PROCEDEE SPECIALE DE PRELUCRARE

6.1. PROCEDEE SPECIALE DE PRELUCRARE A MATERIALELOR METALICE

6.1.1. Generalități

Procedeele de prelucrare prin așchiere, prezentate în capitolele precedente, sînt considerate procedee clasice. În anumite situații aceste procedee nu sînt eficiente, fapt pentru care sînt înlocuite cu procedee de

prelucrare mai puțin răspîndite, cunoscute sub denumirile de *procedee de prelucrare speciale,* iar în unele cazuri, *procedee neconvenționale.*

Aceste procedee se pot aplica în una din următoarele situații :
— piesele care trebuie prelucrate au un grad mare de complexitate (matrițe, plăci de tăiere ale ștanțelor, modele etc.) ;
— materialele din care sînt confecționate piesele sînt greu sau foarte greu prelucrabile prin așchiere (oțeluri bogat aliate, aliaje dure, unele aliaje neferoase etc.) ;
— materialele din care sînt confecționate piesele fac parte din categoria materialelor nemetalice (porțelan, sticlă, materiale ceramice etc.) ;
— cînd nu se admite ca prin prelucrare să se modifice proprietățile stratului superficial al materialului metalic și la durificarea lui) ;
— cînd prelucrarea prin procedee clasice ar necesita un volum mare al consumului de scule așchietoare ;
— piesele prelucrate au detalii care nu se pot obține prin procedeele clasice (de exemplu, găurile cu axe curbe) etc.

Deși procedeele de prelucrare speciale prezintă unele avantaje deosebite, ele nu pot înlocui întotdeauna prelucrările clasice deoarece, uneori :

— costul instalațiilor folosite este ridicat ;
— costul materialelor auxiliare folosite este prea mare ;
— randamentul unora dintre aceste instalații este scăzut.

Aceste dezavantaje, justifică în mare măsură răspîndirea relativ redusă a acestor procedee în practică.

La baza acestor procedee stau o serie de fenomene cum ar fi eroziunea și deformarea plastică locală.

Eroziunea este fenomenul de distrugere a integrității straturilor de material al pieselor, ca urmare a acțiunii unui agent eroziv. Acesta, prin energia sa, distruge legăturile dintre particulele materialului prelucrat ; îndepărtarea acestui material se face prin topire, vaporizare, rupere, corodare și prin acțiunea combinată a acestora.

Procedeele de prelucrare prin eroziune se caracterizează în special prin natura agentului eroziv, care poate fi : scînteile electrice, curentul electric, plasma, lumina, fasciculul de electroni, ultrasunetele etc. Cele mai răspîndite procedee de prelucrare prin eroziune sînt : prelucrarea prin electroeroziune, prelucrare electrochimică, prelucrarea anodomecanică, prelucrarea cu plasmă, prelucrarea cu laser, prelucrarea cu fascicul de electroni și prelucrarea cu ultrasunete.

Procedeele speciale de prelucrare prin deformare plastică locală au la bază producerea stării plastice la suprafața pieselor prin apăsare sau încălzire locală, astfel încît să se obțină fie suprafețe foarte netede, fie desprinderea de așchii de pe materialele greu prelucrabile în condiții obișnuite.

În cele ce urmează sînt descrise cîteva din procedeele speciale de prelucrare folosite, alături de prelucrările prin așchiere clasice, la obținerea de piese necesare industriei constructoare de mașini și aparate. În mod obișnuit, deservirea mașinilor-unelte care lucrează pe principiul acestor procedee este efectuată de către muncitorii specializați în prelucrările prin așchiere.

6.1.2. Prelucrarea prin electroeroziune

a. **Schema de principiu.** Prelucrarea prin electroeroziune se realizează prin îndepărtarea particulelor de material de pe suprafaţa pieselor ca urmare a acţiunii scînteilor electrice produse între o sculă metalică şi suprafaţa piesei (fig. 6.1.).

Scula este legată la polul negativ al unei surse de curent continuu — constituind catodul — iar piesa la polul pozitiv al aceleiaşi surse, constituind anodul. Pentru ca materialul desprins de pe suprafaţa piesei să nu se depună pe sculă şi pentru uşurarea îndepărtării lui, operaţia de prelucrare se face într-un lichid (dielectric), în care materialul detaşat se depune sub formă de pulbere fină.

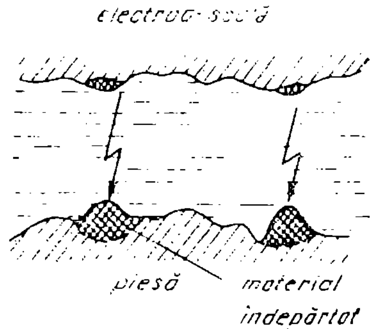


Fig. 6.1. Schema îndepărtării materialului de pe suprafaţa piesei în prelucrarea prin electroeroziune.

Prelucrarea se realizează prin producerea unor descărcări electrice în lanţ ; aceste descărcări apar între punctele cele mai apropiate de pe sculă şi piesă, pe care densitatea de curent este maximă.

Scînteia produsă dezvoltă o temperatură de circa 3 000—4 000°C, pe o suprafaţă extrem de mică ; în acel loc materialul piesei se topeşte şi se volatilizează, formîndu-se un crater minuscul. Datorită numărului mare de scîntei care se produc, întreaga suprafaţă se va acoperi cu cratere, ceea ce echivalează cu îndepărtarea unui strat de material.

Fenomenul de formare a craterelor se produce şi pe suprafaţa electrodului, ceea ce echivalează cu uzarea acestuia. Prin alegerea convenabilă a polarităţii şi a materialului electrodului se urmăreşte ca uzura sculei să fie cît mai mică.

b. **Posibilităţi de prelucrare prin electroeroziune.** Prelucrarea prin electroeroziune permite obţinerea unei game largi de suprafeţe, folosindu-se mai multe scheme tehnologice. Aceste suprafeţe pot fi realizate : prin copierea profilului sculei ; prin mişcări relative între piesă şi sculă ; combinat, prin mişcări relative şi prin copierea profilului (fig. 6.2).

Aplicîndu-se schemele tehnologice prezentate se pot obţine suprafeţe simple (plane, cilindrice) sau complicate, cum sînt suprafeţele matriţelor sau plăcilor de tăiere şi poansoanelor ştanţelor.

Atunci cînd suprafaţa prelucrată are un contur complicat, prelucrarea se poate face prin copiere după un şablon. În figura 6.3 este prezentată tăierea cu electrod filiform a ferestrei profilate a plăcii de tăiere a unei ştanţe. Electrodul-sculă, sub formă de fir, este derulat, respectiv înfăşurat

pe role și este deplasat continuu în jurul unui șablon, avînd aceeași configurație cu cea a ferestrei care trebuie prelucrată.

Precizia prelucrării este deosebit de ridicată : de exemplu, se pot prelucra găuri cu diametrul sub 0,1 mm, ajungînd chiar la 0,02 mm, iar tăie-

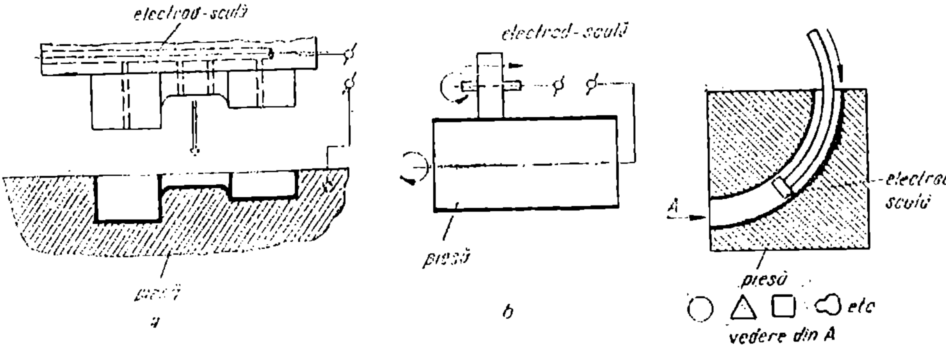


Fig. 6.2. Prelucrarea suprafețelor prin electroeroziune :
a — prin copierea profilului sculei ; *b* — cu ajutorul mișcărilor relative dintre sculă și piesă ; *c* — combinat.

turile executate pot avea deschideri minime de 0,02 mm. În ceea ce privește dimensiunile maxime ale pieselor prelucrate nu există decît limitări impuse de gabaritul mașinii folosite.

c. **Mașini folosite la prelucrarea prin electroeroziune.** Schema de principiu a unei mașini pentru prelucrarea prin electroeroziune este reprezentată în figura 6.4. Alimentarea cu curent a electrodului și piesei este asigurată de o instalație specială, alcătuită dintr-un circuit de încărcare *C* și un circuit de descărcare *C'* .

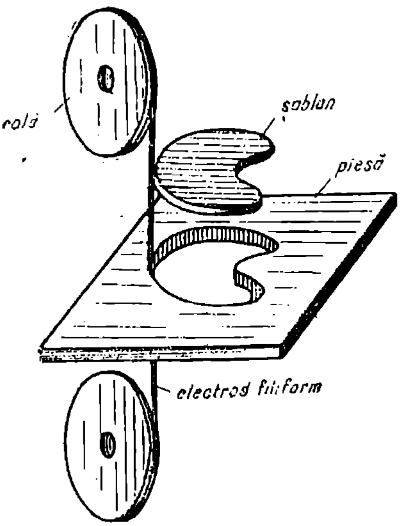


Fig. 6.3. Prelucrarea prin electroeroziune cu electrod filiform.

Circuitul de încărcare cuprinde o sursă de curent și un reostat pentru reglarea parametrilor electrici (tensiune și intensitate) și are drept scop încărcarea bateriei de condensatoare *C*.

Circuitul de descărcare cuprinde bateria de condensatoare și partea de lucru a instalației alcătuită din electrod și piesă.

O dată cu creșterea tensiunii la bornele condensatoarelor, prin încărcarea acestora, crește și tensiunea dintre sculă și piesă. Cînd această tensiune depășește, tensiunea de străpungere a dielectricului, bateria de condensatoare se descarcă prin spațiul dintre sculă și piesă — producîndu-se scînteile electrice. După terminarea descărcării electrice, capacitatea dielectrică a lichidului se restabilește și ciclul de lucru reîncepe.

Mașinile de putere mare (în special cele utilizate la degroșare) folosesc generatoare de impulsuri de tensiune, cu semiconductoare. Acestea permit eliminarea bateriei de condensatoare și comandarea independentă și în limite largi a parametrilor descărcărilor electrice.

Mașinile de prelucrat prin electroeroziune pot folosi aceleași mișcări ca și mașinile-unelte obișnuite. Acestea sînt mișcări de avans, aparținînd sculei sau piesei, în funcție de schema tehnologică adoptată. Pentru obținerea deplasării optime necesare, mașina este prevăzută cu mecanisme de reglare a vitezelor mișcărilor de avans.

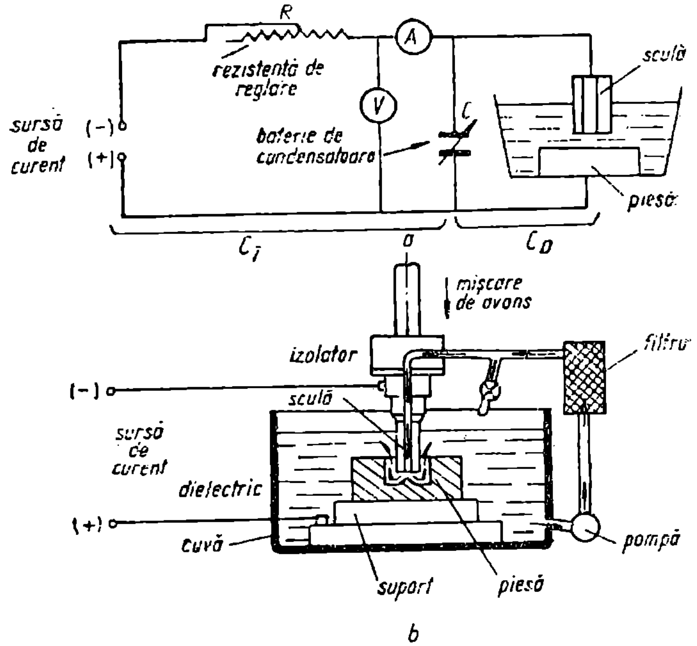


Fig. 6.4. Schema mașinii de prelucrat prin electrocoroziune:
a — schemă de principiu; *b* — schemă tehnologică.

O parte importantă a mașinii o constituie instalația hidraulică. Ea trebuie să vehiculeze lichidul dielectric, astfel încît acesta să îndepărteze materialul desprins de pe suprafețele prelucrate și să asigure filtrarea sa continuă.

Caracterizarea unei mașini de prelucrat prin electroeroziune se face prin tensiunea de lucru (50—300 V), intensitatea curentului (20—2 000 A), frecvența impulsurilor (pînă la 100 kHz) și puterea de lucru (150 kW). La acestea se adaugă caracteristicile legate de mișcările executate (reglare continuă sau în trepte, limitele vitezelor etc.).

d. **Electrozi-sculă.** Configurația electrozilor-sculă depinde de schema tehnologică adoptată (v. fig. 6.2). În cazul în care prelucrarea necesită o degroșare și o finisare (eventual și o semifinisare) se pot folosi electrozi diferiți.

Dacă suprafețele prelucrate sînt suprafețe interioare străpunse se poate folosi un singur electrod, avînd însă mai multe trepte (2—3), care execută degroșarea și finisarea dintr-o singură trecere (fig. 6.5).

Electrozii cu dimensiuni mari sînt prevăzuți cu canale pentru conducerea dielectricului (v. fig. 6.5, c și 6.2, *a*).

Materialele din care se confecționează electrozii se aleg în funcție de materialul piesei și de felul prelucrării (degroșare sau finisare). Materialul electrodului trebuie să asigure transportul energiei în bune condiții și să se uzeze cît mai puțin în timpul prelucrării.

Pentru prelucrarea de degroșare se folosesc cuprul, alama, aluminiul și aliajele sale, iar pentru finisare, cuprul, aliajele Zn—Pb și grafitul.

Pentru confecționarea electrozilor filiformi se utilizează wolframul și molibdenul.

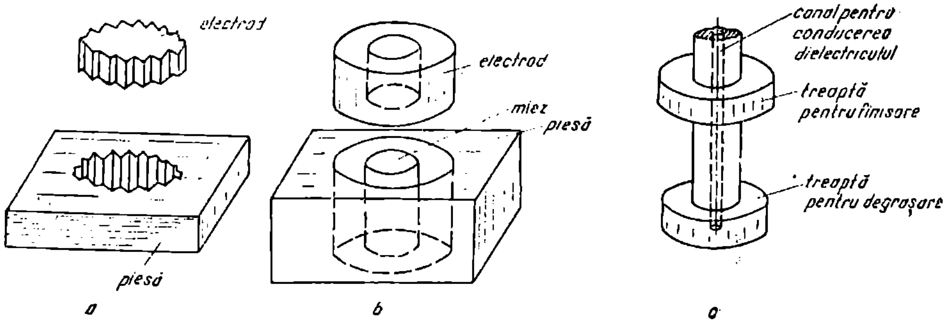


Fig. 6.5. Electrozi-sculă :
a — profilat ; *b* — pentru prelucrarea găurilor cu diametru mare ; *c* — cu două trepte.

e. **Dielectrici.** Lichidul dielectric trebuie să asigure repartizarea energiei impulsurilor de curent electric între piesă și electrod și să evacueze produsele rezultate în urma eroziunii. El trebuie să aibă conductivitate electrică mică, să fie pasiv chimic în raport cu materialele electrodului și piesei, să nu se descompună sub acțiunea descărcărilor electrice, să nu fie toxic și inflamabil la temperatura de utilizare (sub 40°C).

Lichidul cel mai folosit este petrolul lampant, dar se pot utiliza și alte lichide cum sînt : apa distilată, soluțiile apoase, alcoolul etc.

f. **Regimul de lucru.** Productivitatea prelucrării depinde de energia impulsurilor și de frecvența lor. Aceste două mărimi — energia și frecvența — pot fi reglate după dorință, modificînd tensiunea, intensitatea și, la generatoarele de impulsuri, direct frecvența.

Prin creșterea energiei de lucru, cantitatea de material îndepărtat crește, dar această creștere este în detrimentul calității suprafeței prelucrate. De aici rezultă următoarele reguli :
— pentru prelucrarea de degroșare se urmărește productivitatea ridicată deci se va lucra cu energii mari ;
— pentru prelucrarea de finisare se urmărește calitatea superioară a suprafeței și dimensiuni precise, deci se va lucra cu energii mici.

În afara parametrilor care condiționează energia de lucru, la prelucrarea prin electroeroziune se mai iau în considerație :

— interstițiul, adică distanța dintre sculă și piesă, delimitînd spațiul în care se formează scînteile electrice. Acest interstițiu poate lua valori între 0,025 și 0,55 mm ;

— avansul de pătrundere a electrodului care, în condiții obișnuite, are valori cuprinse între 0,0003 și 0,4 mm/min ;

— nivelul lichidului dielectric în cuvă, care trebuie să depășească nivelul semifabricatului cu 10—120 mm.

6.1.3. Prelucrarea prin eroziune electrochimică

Eroziunea electrochimică se bazează pe dizolvarea anodică a materialului, conform legii lui Faraday.

Procedeul se aplică pentru finisarea și lustruirea suprafețelor pieselor metalice, prelucrate anterior prin așchiere sau obținute prin deformare plastică sau pentru prelucrarea la dimensiuni a pieselor.

a. **Lustruirea electrochimică.** Schema lustruirii electrochimice este reprezentată în figura 6.6, *a* : într-o baie electrolitică se amplasează la anod piesa care se lustruiește, iar la catod un electrod, confecționat dintr-un material rezistent la agenți chimici. Între anod și catod se prevede o distanță de 40—100 mm.

Se folosesc electroliți acizi, bazici sau neutri, calzi sau reci, aleși în funcție de natura materialului piesei.

Curentul continuu, care trece de la sursa de curent prin electrozi și baie, produce un proces de dizolvare a vîrfurilor asperităților de pe suprafața piesei deoarece rezistența electrică în dreptul vîrfurilor este mai mică, iar densitatea curentului crește foarte mult. În felul acesta calitatea suprafeței se îmbunătățește mult, atît ca rugozitate cît și ca aspect (luciu metalic).

Lustruirea electrochimică se poate aplica unei categorii largi de piese : palete de turbină din oțeluri aliate, greu prelucrabile, scule așchietoare, roți dințate etc.

b. **Prelucrarea dimensională prin eroziune electrochimică.** Eroziunea electrochimică poate fi folosită și pentru prelucrarea pieselor în vederea obținerii suprafețelor și dimensiunilor. Deosebirea esențială între lustruirea electrochimică și prelucrarea dimensională prin același procedeu constă în aceea că, la aceasta din urmă, îndepărtarea peliculei de hidroxizi care se formează pe suprafața anodului este asigurată de electrolit, trimis sub presiune ridicată între piesa prelucrată și electrod.

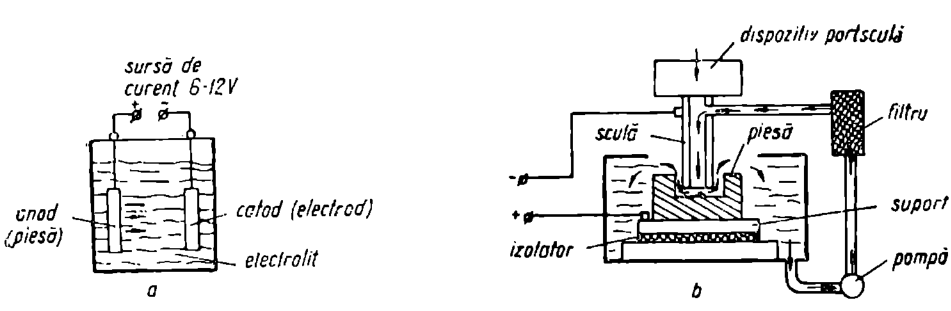


Fig. 6.6. Schema prelucrării electrochimice :
a — lustruire ; *b* — prelucrare dimensională.

Schema prelucrării dimensionale este în mare măsură asemănătoare celei de la prelucrarea prin electroeroziune. De exemplu, în figura 6.6, *b* este reprezentată schema prelucrării electrochimice de găurire sau de profilare. Electrolitul este trimis prin intermediul sculei la o presiune de 7—20 bar.

Alimentarea cu curent electric se face uzual de la surse de curent continuu (generatoare sau redresoare) cu tensiuni de 5—24 V și intensități ajungînd la 50 000 A. Menținerea distanței dintre electrod și piesă este asigurată de un sistem de avans, comandat automat pe baza variației parametrilor electrici în interstițiul piesă-sculă.

Datorită avantajelor sale — productivitate ridicată, calitate a suprafeței și precizie de prelucrare ridicate — prelucrarea electrochimică este aplicată materialelor dure și foarte dure, greu de prelucrat prin alte procedee, ca de exemplu, în cazul matrițelor pentru prelucrarea prin deformare plastică, paletelor turbinelor etc.

6.1.4. Prelucrarea anodomecanică

Prelucrarea este asemănătoare celei electrochimice cu deosebirea că efectului electrochimic i se adaugă un efect mecanic, de abraziune, produs prin frecarea sculei de suprafața prelucrată. Acest efect, suplimentar, are drept scop îndepărtarea peliculelor ce se formează pe anod și a produselor eroziunii.

Ca electroliți se utilizează soluții de baze, de silicat de sodiu, borax etc. Viteza relativă dintre electrod și piesă ajunge la 20—30 m/s.

Elementul cel mai important îl constituie discul folosit. El se obține dintr-un material bun conducător electric (oțel, cupru, alamă, grafit) în care sînt prinse granule abrazive (presate sau introduse prin metalurgia pulberilor).

Procedeul este folosit pentru lucrări de tăiere (debitare anodomecanică) sau de netezire.

a. **Debitarea anodomecanică.** Debitarea anodomecanică se aplică în general la aliajele cu duritate mare pentru că productivitatea este de 1,5—2 ori mai mare decît la tăierea clasică cu ferăstrăul mecanic sau pe strung.

Semifabricatul (fig. 6.7) este fixat într-o menghină care este conectată la polul pozitiv al sursei de curent. Discul, executat din oțel sau fontă, este conectat la polul negativ al sursei și se poate roti în sensul săgeții cu o turație *n*, reglabilă, în funcție de natura materialului de debitat, calitatea dorită a se obține la secțiunea tăieturii și de amperajul și voltajul folosite la debitare.

Printr-un ajutaj se introduce în permanență între piesă și sculă un electrolit, de obicei silicat de sodiu (cu diferite concentrații) care este recirculat de o pompă.

Alimentarea cu energie electrică se face de la o sursă de curent continuu cu o tensiune de circa 6—30 V și o intensitate de 20—400 A, care se reglează cu reostatul *R*, în funcție de grosimea semifabricatului.

În general, se pot obține tăieturi cuprinse între 0,8 și 2,5 mm, în funcție de grosimea discului de debitat.

b. **Ascuțirea anodomecanică.** Ascuțirea sculelor așchietoare armate cu plăcuțe din carburi metalice se poate executa anodomecanic folosind un

disc din oțel sau fontă, acoperit cu praf abraziv (rezultate foarte bune se obțin cu praf de diamant). Discul abraziv (fig. 6.8) este apăsat continuu pe scula ascuțită de către un arc. Între disc și scula de ascuțit se introduce în permanență un electrolit care este recirculat cu o pompă.

Ascuțirea se face în două etape — degroșarea și finisarea — care se execută cu același disc, dar cu regimuri electrice diferite (20—26 V și 15—24 A/cm^2, la degroșare, respectiv 16—18 V și 8—10 A/cm^2, la finisare).

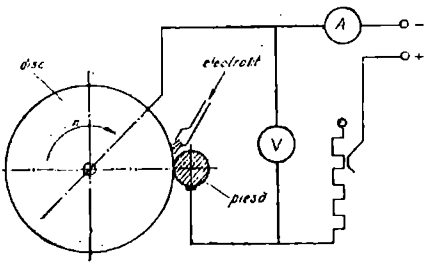


Fig. 6.7. Schema debitării anodomecanice.

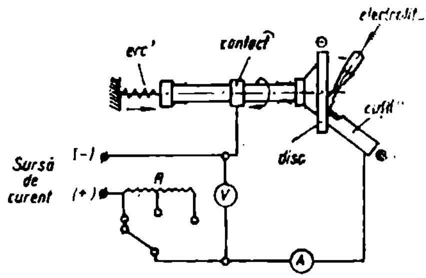


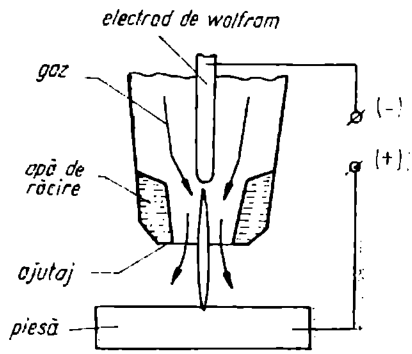
Fig. 6.8. Schema ascuțirii anodomecanice.

6.1.5. Prelucrarea cu plasmă

Pentru producerea plasmei necesare prelucrării se folosește un plasmatron a cărui schemă de principiu este reprezentată în figura 6.9.

Plasmatroanele sînt confecționate din cupru și au ca element principal un aliaj răcit forțat cu apă, prin care se suflă gaze sau amestecuri de gaze (argon, hidrogen, azot, argon-hidrogen, azot-hidrogen etc.).

Fig. 6.9. Schema prelucrării cu plasmă.



În interiorul ajutajului se produce un arc electric între un electrod din wolfram și piesa de prelucrat. Arcul electric provoacă ionizarea gazului, care este suflat în afară sub forma unui jet de plasmă.

Prin acțiunea jetului de plasmă asupra materialului piesei se produce erodarea acestuia și prelucrarea.

Prelucrarea este folosită mai ales la obținerea contururilor prin tăiere.

6.1.6. Prelucrarea cu fascicul de electroni

Dacă se dirijează asupra unei suprafețe un fascicul de electroni accelerați atunci pe această suprafață se poate obține o concentrare mare de energie, pe un spațiu foarte mic. Temperatura poate crește foarte mult, depășind chiar 5000°C, ceea ce provoacă volatilizarea locală a materialului.

Pentru obținerea fasciculului de electroni accelerați și pentru concentrarea (focalizarea) lui se folosește un *tun electronic* (fig. 6.10). Fasciculul de electroni poate fi deviat lateral, la dorință, cu ajutorul unor bobine electromagnetice. Aceasta permite ca, prin devierea corespunzătoare a fasciculului, și, eventual, prin deplasarea piesei, să se obțină orice contur plan.

Caracteristic prelucrării cu fascicul de electroni este faptul că prelucrarea nu se poate face decît în vid. Acest lucru se datorește faptului că dacă s-ar lucra în aer, electronii s-ar ciocni de moleculele de aer, s-ar dispersa și energia s-ar pierde. Din această cauză piesa se introduce într-o cameră vidată, iar prelucrarea se urmărește printr-un sistem optic.

Prelucrarea cu fascicul de electroni se aplică în special în mecanica fină, la prelucrarea de contur, la tăierea unor fante precise și la găuriri de precizie ridicată.

Piesa care se prelucrează trebuie să fie confecționată dintr-un material bun conducător de electricitate, întrucît ea se leagă la polul pozitiv al unei surse de curent de înaltă tensiune.

Această condiție este îndeplinită de către materialele metalice ; totuși se poate prelucra și un material nemetalic, dacă suprafața lui se acoperă cu o peliculă metalică, bună conducătoare de electricitate.

6.1.7. Prelucrarea cu laser

Fasciculul laser este un fascicul de unde luminoase, amplificat, de o mare intensitate. Acest fascicul poate străbate distanțe mai mari fără a se amortiza și poate fi focalizat la trecerea prin lentile, putîndu-se obține local densități de energie comparabile cu cele ale fasciculelor de electroni.

Spre deosebire de fasciculul de electroni, fasciculul laser se poate propaga prin aer, ceea ce face inutilă camera vidată.

Producerea fasciculului laser se realizează într-o instalație specială care poate lucra cu un cristal de rubin sau cu gaze.

În figura 6.11 este reprezentat schematic un laser cu rubin folosit la prelucrarea metalelor. Lumina foarte intensă produsă de o lampă cu xenon este reflectată spre un cristal de rubin în care vor lua naștere fotoni care, amplificați, vor părăsi cristalul prin oglinda semitransparentă și printr-un sistem optic de lentile și oglinzi, vor ajunge pe piesa prelucrată.

Prin deplasarea piesei se vor putea prelucra găuri, canale, tăieturi, cu o viteză foarte mare.

Caracteristic acestui procedeu de prelucrare este faptul că precizia de lucru este foarte mare.

O particularitate a acestui procedeu constă în aceea că nu se pot prelucra piesele cu suprafețele lucioase, datorită faptului că acestea reflectă lumina.

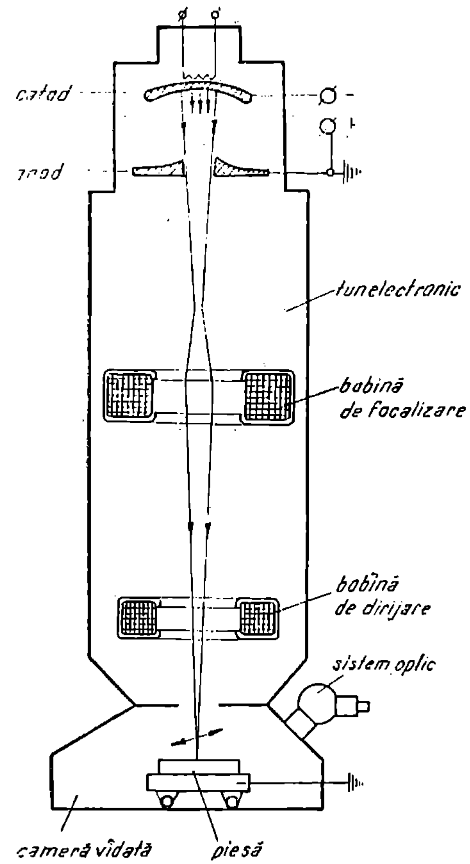


Fig. 6.10. Schema instalației folosite la prelucrarea cu fascicul de electroni.

Fig. 6.11. Schema instalației folosite la prelucrarea cu fascicul laser.

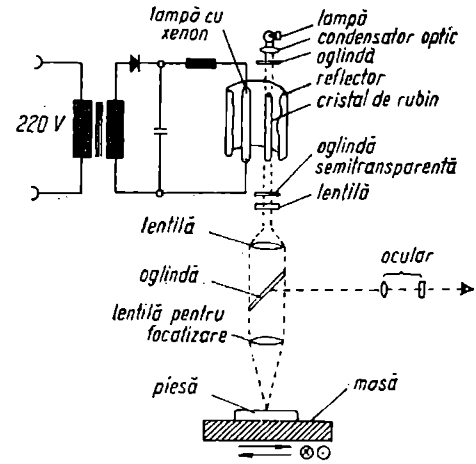
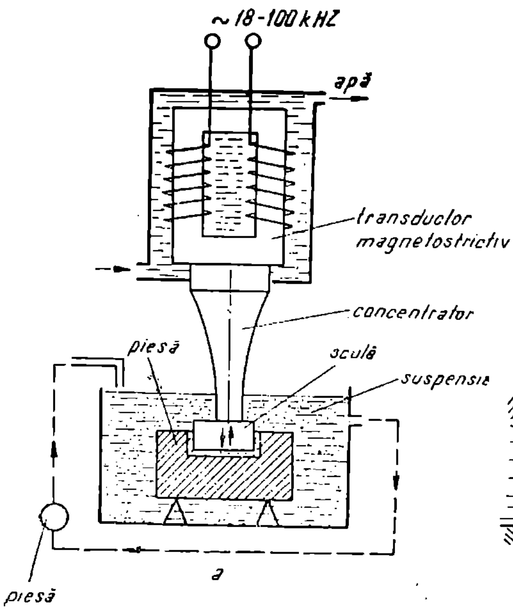
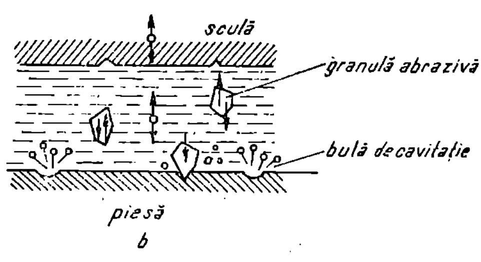


Fig. 6.12. Schema prelucrării cu ultrasunete :
a — schema tehnologică ; *b* — schema prelucrării.





Totuși, dacă aceste suprafețe se acoperă cu un strat mat, absorbant de lumină, prelucrarea se realizează în bune condiții.

Ca și în cazul prelucrării precedente, răspîndirea acestui procedeu de prelucrare este frînată de costul ridicat al instalațiilor. El va fi utilizat numai la prelucrarea materialelor greu prelucrabile, la prelucrarea unor piese fragile sau de precizie ridicată.

6.1.8. Prelucrarea cu ultrasunete

Introducerea oscilațiilor ultrasonore într-un mediu lichid este însoțită de un transport de energie mecanică. Dacă în lichidul respectiv sînt introduse particule abrazive în suspensie (fig. 6.12), acestea capătă vibrații și lovesc suprafața piesei cu o forță mare, smulgînd particule mici de material. Acestui efect eroziv i se adaugă și efectul de cavitație : prin variația rapidă a presiunii lichidului se produc modificări ale distanței medii dintre particulele lichidului, ceea ce conduce la formarea unor bule de cavitație care prin implozie, produc unde de șoc cu presiuni și temperaturi locale foarte ridicate.

Efectul total, de desprindere de material de pe suprafața piesei crește prin mărirea concentrației granulelor abrazive în suspensie și prin creșterea energiei ultrasonore introdusă în lichid. Randamentul maxim se obține pentru o concentrație de maximum 30% granule abrazive în apă obișnuită, apă distilată sau apă cu săpun și o frecvență de 10—100 kHz.

Introducerea oscilațiilor ultrasonore în lichid se face cu ajutorul unei scule, profilată după suprafața care urmează a se prelucra. La rîndul ei, scula primește oscilațiile ultrasonore de la un transductor magnetostrictiv, prin intermediul unui concentrator. Transductorul, confecționat din nichel, permendur sau ferită, transformă oscilațiile electrice de înaltă frecvență introduse într-un bobinaj, în oscilații ultrasonore cu aceeași frecvență. Pentru a se preveni distrugerea transductorului ca urmare a încălzirii, acesta se montează într-o carcasă și este răcit forțat cu apă.

Prelucrarea cu ultrasunete se utilizează la executarea găurilor cilindrice sau profilate, pătrunse sau nepătrunse, la retezarea pieselor mici sau a celor mari, netezirea unor suprafețe plane sau curbe, precum și la găurirea profilată după o axă curbă, după o schemă asemănătoare celei din figura 6.2, *e*. Materialele prelucrate sînt materiale dure, extradure și fragile, cu sau fără conductivitate electrică care, prin alte procedee (inclusiv cele de eroziune electrică), sînt greu sau imposibil de prelucrat.

Utilizînd pulberi mai grosolane se realizează degroșarea cu productivitate ridicată, în timp ce dacă se folosesc pulberi mai fine se poate face finisarea, ajungîndu-se la o rugozitate a suprafețelor mergînd pînă la $R_a = 0{,}4$ μm și o precizie a dimensiunilor de ordinul a 0,01 mm.

6.1.9. Așchierea la cald

Așchierea materialelor dure — de exemplu a oțelurilor bogat aliate — este mult ușurată dacă materialul prelucrat este încălzit în prealabil la o temperatură care să-l aducă în domeniul plastic.

Această temperatură diferă de la utilaj la aliaj şi poate depăşi uneori 1 000°C.

Încălzirea materialului prelucrat se face local, în zona aşchierii, în diverse moduri : prin contact electric, cu plasmă etc.

Încălzirea prin contact (fig. 6.13, *a*) se bazează pe fenomenul de producere a căldurii prin efect Joule. Prelucrarea se face prin strunjire, asemănător strunjirii obişnuite, dar prin zona de contact dintre sculă şi

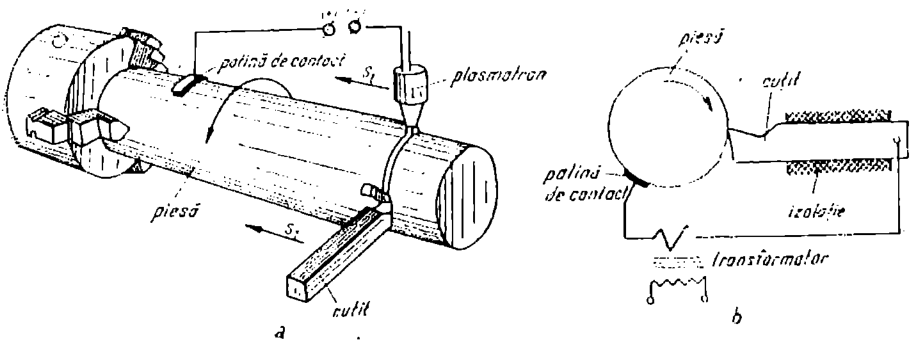


Fig. 6.13. Aşchierea la cald.

piesă se lasă să treacă un curent electric cu intensitate mare şi tensiune scăzută. Datorită rezistenţei electrice de contact, care are valoare mare, la trecerea curentului electric se degajă o mare cantitate de căldură, care ridică rapid temperatura materialului piesei uşurînd desprinderea aşchiilor.

Încălzirea cu plasmă este reprezentată în figura 6.13, *b*. În faţa cuţitului pentru prelucrarea prin aşchiere este amplasat un arzător cu plasmă, care ridică rapid temperatura unei porţiuni foarte mici din suprafaţa piesei ; datorită rotirii piesei, această porţiune va ajunge în dreptul cuţitului care va desprinde cu uşurinţă aşchiile.

Această variantă prezintă avantajul că sursa de căldură folosită este foarte concentrată, iar temperatura foarte ridicată. Ea este folosită la aşchierea oţelurilor refractare care sînt materiale foarte greu prelucrabile.

6.1.10. Netezirea suprafeţelor prin rulare

Procedeul se bazează pe deformarea plastică a stratului superficial al metalului, fără a se îndepărta aşchiile. Se poate aplica la prelucrarea arborilor, alezajelor şi suprafeţelor plane, care în prealabil au fost prelucrate cu o rugozitate a suprafeţei de la 6,3 la 3,2 μm. Prin rulare se obţine o precizie dimensională mare, iar rugozitatea suprafeţei, după rulare, va fi $R_a = 0{,}8 \ldots 0{,}05$ μm.

Stratul de material superficial deformat se ecruisează, fapt ce duce la îmbunătăţirea proprietăţilor fizico-mecanice ale acestuia ca, mărimea rezistenţei la oboseală, la uzură şi coroziune.

Operaţia este mult mai productivă şi mai ieftină decît alte prelucrări de netezit ca rectificarea, honuirea, lepuirea.

Rularea se execută din 2—3 treceri, deformarea făcîndu-se cu dispozitive prevăzute cu bile, role sau inele, pentru suprafețe exterioare, și role, dornuri simple sau combinate cu broșe, pentru alezaje. Cînd se lucrează cu dornuri, deformarea se face prin tragerea sculei. La celelalte tipuri de dizpozitive deformarea se face prin rulare.

Dispozitivele de rulare sau tragere se montează pe mașini-unelte universale ca : strunguri, mașini de frezat, mașini de găurit cu rigiditate

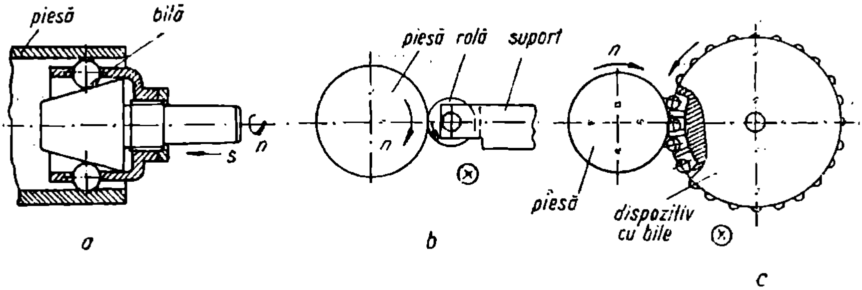


Fig. 6.14. Netezirea prin rulare :

a — a unei suprafețe interioare, cu ajutorul unui dispozitiv cu bile ; *b* — a unei suprafețe exterioare, cu ajutorul unui dispozitiv cu rolă ; *c* — a unei suprafețe exterioare, cu ajutorul unui dispozitiv cu bile.

ridicată sau pe mașini speciale. Ele sînt foarte diferite în ceea ce privește construcția, deoarece posibilitățile de deformare locală a suprafeței sînt foarte largi. În figura 6.14 sînt arătate trei exemple de scheme de netezire a suprafețelor de rulare, folosindu-se bile sau role.

6.1.11. Norme de tehnică a securității muncii la prelucrarea prin procedee speciale

La exploatarea mașinilor care lucrează prin procedee speciale, în afara regulilor generale de tehnică a securității muncii, trebuie respectate următoarele reguli, care au drept scop să prevină apariția unui accident, rezultat din funcționarea acestor mașini :

— la mașinile care lucrează prin eroziune există pericolul de electrocutare, avînd în vedere faptul că ele sînt dotate cu surse de curent speciale. Pentru prevenirea acestui gen de accidente se vor folosi covoare de cauciuc electroizolante, amplasate în locul în care stă muncitorul, capace pentru acoperirea bornelor, izolații în stare perfectă ;

— la prelucrările anodomecanice și electrochimice se folosesc substanțe dintre care unele sînt toxice. Aceste substanțe lichide trebuie manevrate cu atenție, folosindu-se mănuși de cauciuc și ochelari de protecție ;

— unele lichide folosite la prelucrarea prin electroeroziune sînt inflamabile (de exemplu, petrolul lampant). Se vor respecta toate măsurile privind manevrarea și depozitarea acestor lichide astfel încît să se evite producerea de incendii ;

— la prelucrarea cu laser se va evita introducerea mîinii sau a oricărei părți a corpului (în special a ochilor) în calea razei laser, indiferent dacă raza este directă sau reflectată ;

— la prelucrarea cu plasmă se va evita atingerea pieselor după prelucrare, deoarece pot provoca arsuri, temperatura lor fiind ridicată (culoarea oțelului nu se schimbă decît la încălziri peste 700°C).

6.2. PRELUCRAREA PRIN AȘCHIERE A PIESELOR DIN MATERIALE PLASTICE

Prelucrarea prin așchiere poate fi aplicată nu numai materialelor metalice ci și altor materiale, ce fac parte din categoria materialelor nemetalice : materiale plastice, lemn, sticlă, porțelan etc.

Procedeele de prelucrare sînt asemănătoare celor folosite la așchierea materialelor metalice, însă geometria sculelor așchietoare și tehnologia prelucrării trebuie adaptate particularităților materialului prelucrat.

De exemplu, la prelucrarea lemnului trebuie să se țină seama de structura sa fibroasă, la prelucrarea porțelanului de fragilitatea sa etc. Pentru exemplificare, în continuare, sînt descrise particularitățile prelucrării prin așchiere a pieselor din materiale plastice.

a. **Debitarea cu ferăstrăul.** La debitarea materialelor termoplastice cu ferăstrăul, principala problemă este îndepărtarea căldurii rezultate din frecarea sculei tăietoare cu materialul de debitat.

Supraîncălzirea materialului provoacă topituri locale, bavuri, deformări ale piesei și, în special, griparea sculei așchietoare. Pentru înlăturarea acestei supraîncălziri se recomandă trimiterea la locul de tăiere a unui jet de aer rece sau a unui lichid de răcire.

Debitarea se poate executa cu ferăstrăul circular sau cu bandă. Se recomandă ca pînza de ferăstrău circular (freza) să nu aibă dinți ceaprăzuiți, iar inima pînzei să fie mai subțire decît coroana dințată cu 0,5—1 mm pentru a se micșora frecarea.

În cazul debitării plăcilor subțiri este necesar ca sensul de rotație al frezei să fie invers celui normal, pentru a se evita ruperea materialului și pentru obținerea unei calități corespunzătoare în secțiunea de tăiere.

b. **Strunjirea și frezarea.** Pentru strunjirea și frezarea materialelor plastice se folosesc mașini universale și metode comune, ca și pentru prelucrarea metalelor. În vederea înlăturării fenomenului de depunere a materialului pe tăișul cuțitului, fenomen ce apare în mod curent datorită temperaturilor scăzute la care materialele plastice curg, așchierea se execută cu răcire abundentă, fie cu aer, fie cu un lichid de răcire, care să nu intre în combinație cu materialul plastic.

Pentru operațiile de strunjire și frezare se utilizează scule așchietoare din oțel rapid, carburi metalice sau diamant.

Luînd în considerație calitatea suprafeței obținute după prelucrare, rezistența la uzură și costul sculei, pentru o piesă prelucrată și acuratețea prelucrării, se constată că sculele cu diamant sînt cele care se pretează cel mai bine pentru prelucrarea materialelor plastice.

c. **Găurirea.** La găurirea materialelor plastice trebuie să se țină seama că, din cauza încălzirii în timpul operației, la răcire gaura se contractă. De aceea, se recomandă folosirea de burghie mai mari cu 0,05 mm decît diametrul necesar. Pentru găurirea materialelor plastice se recomandă folo-

Tabelul 6.1

Elementele regimului de așchiere la găurirea materialelor plastice

Materialul plastic	Materialul burghiului	Unghiul de ascuțire	Pasul spiralei burghiului	Viteza de așchiere, m/min	Avansul, mm/rot
Clorură de polivinil	oțel rapid	140°	17°	30–40	0,1–0,2
	carburi metalice	140°	17°	50–100	0,2–0,4
Polimetacrilat de metil	oțel rapid	82–84°	20°	15–30	0,1–0,2
	carburi metalice	82–84°	20°	50–60	0,2–0,4
Relon, capron, nailon	oțel rapid	118–135°	25°	15–30	0,1–0,2
	carburi metalice	118–135°	25°	100–150	0,2–0,5

sirea de burghie cu pasul mare, pentru eliminarea ușoară a așchiei rezultate din găurire. Tabelul 6.1 cuprinde date referitoare la materialul și geometria sculei și la regimul de așchiere, în funcție de materialul plastic prelucrat.

RĂSPUNSURI

Capitolul 1

1. *d.*

2. Reglînd mașini în așa fel încît avansul de transport să se execute numai pe porțiunea curbă. Mașina-unealtă permite acest lucru, fiind prevăzută cu limitatoare de cursă.

3. Suma distanțelor de la un punct de pe elipsă la cele două focare este constantă. Dispozitivul va trebui să aibă un element elastic, de exemplu o bandă de oțel sau un cablu, care să materializeze linia ce unește punctul considerat cu focarele.

4. Desprinderea așchiilor este îngreuiată de faptul că în zona centrală viteza de așchiere scade, ajungînd egală cu zero în dreptul axei.

Capitolul 2

1. *a.*
2. b.
3. c.

Capitolul 3

1. *Honuirea.*
2. *b.*
3. c și, în special, *d.*
4. Strungul carusel, strungul normal (pentru carcase mici).

Capitolul 4

1. *a* — Mortezarea cu cuțit pieptene sau roată (se preferă mortezarea cu cuțit pieptene care are o precizie mai mare).
   b — Frezarea cu freză melc și cu avans tangențial.
   c — Mortezarea cu cuțit roată.
2. *a* — Clasa a 3-a pentru ambele roți.
   b — Clasa a 3-a, respectiv clasa a 5-a.
3. *a* — Pentru freze modul (pentru fiecare număr de dinți).
   b — O freză melc.
   c — Două cuțite roată (pentru fiecare sens de înclinare).

Capitolul 5

1. *b* — Reducerea timpului unitar T_u;
2. *a* — $T_{pî}$ crește, t_a și t_b scad ;
   b — $T_{pî}$, t_a și t_b scad.
3. *a* — Strungul paralel.
   b — Strungul revolver.
   c — Strungul automat monoax.
   d — Strungul automat multiax.
4. Fraza numărului 201, programare în coordonate absolute ; deplasarea pe axa *Z* pînă la $Z = 150{,}25$; turația arborelui principal $n = 3\,150$ rot/min ; avans rapid ; scula numărul 2, arbore principal în stație *CW* (sensul acelor de ceasornic).

CUPRINS

Coli de tipar 13,25. B.T. 20.03.1989.
Format 16/70×100
Apărut în 1989.

I. P. „Oltenia“ Craiova
Str. Mihai Viteazul, nr. 4
Republica Socialistă România
Plan 19582/366/1989

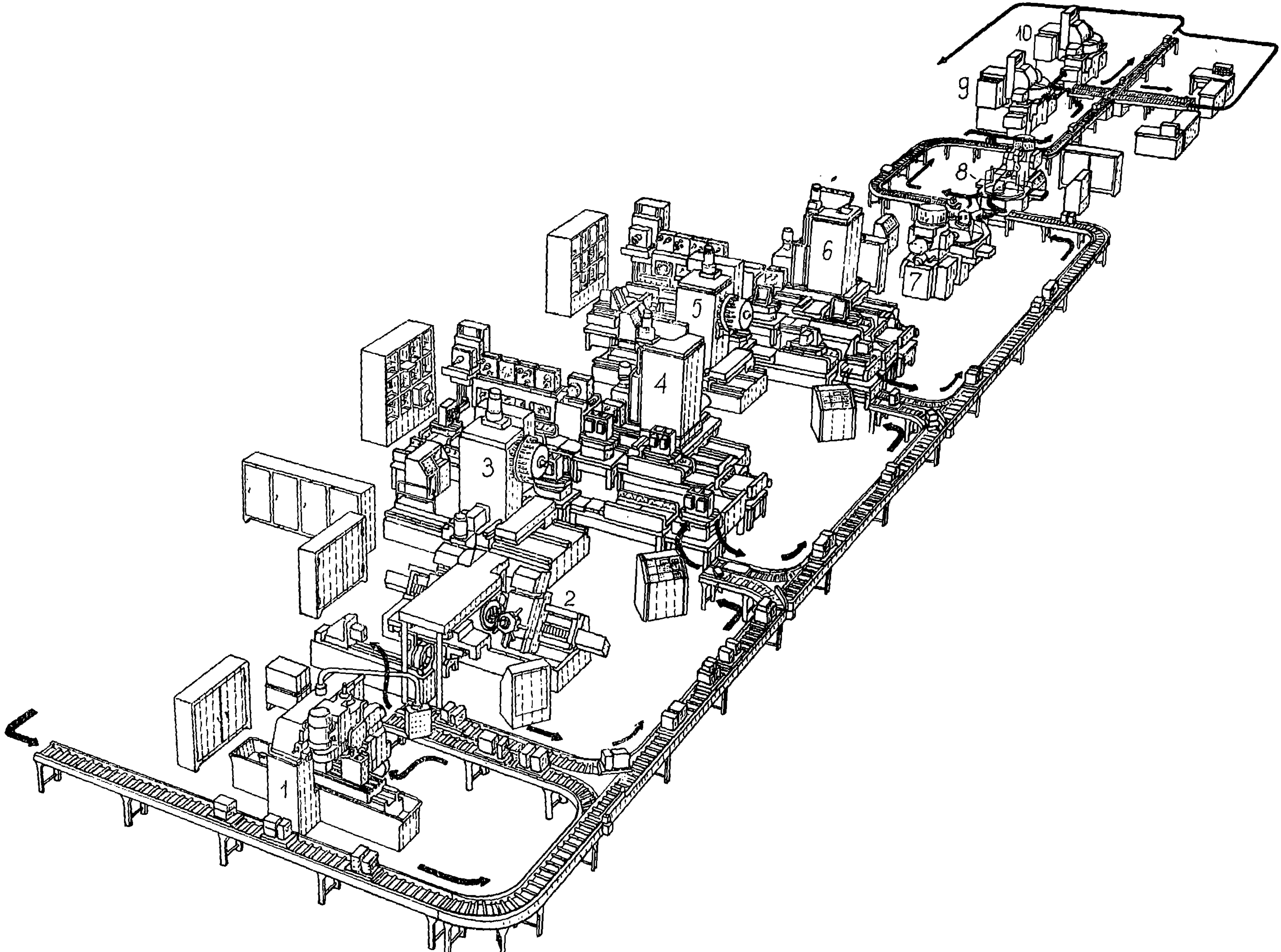


Fig. 5.107. Sistem de prelucrare format din mașini cu comandă numerică :
1 — mașină de frezat longitudinal ; *2* — strung ; *3—8* — centre de prelucrat ; *9, 10* — mașini de rectificat plan.

Lei 16,40

ISBN 973-30-0309-3

Editura Didactică și Pedagogică – București, 1989